

Л. А. Николаева

О чем рассказывают золотинки

Л. А. Николаева

О чем рассказывают золотинки





МОСКВА "НЕДРА" 1990

ББК 26. 3
Н 63
УДК 553. 411 (023. 11)

Художник-иллюстратор Ю.Г. ЧЕРЕПАНОВ

Николаева Л.А.

Н 63 О чем рассказывают золотинки. – М.: Недра, 1990. – 111 с.:ил.
ISBN 5–247–00548–1

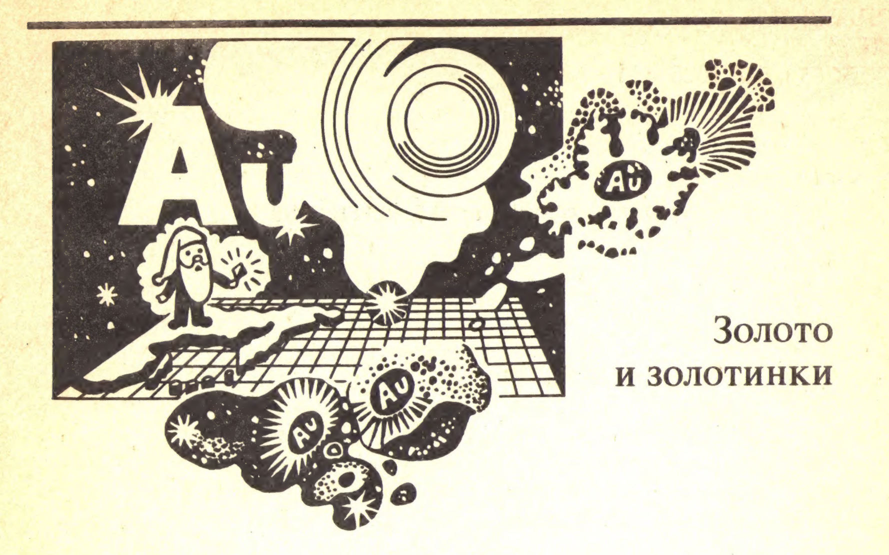
Среди полезных ископаемых золото играет особую роль. Оно служит валютой, широко применяется в индустрии, медицине и уже тысячелетия известно как излюбленный материал для изготовления украшений. Одна из путеводных нитей при поисках месторождений этого ценного металла может быть соткана из признаков, присущих частицам самородного золота. В популярной форме рассказано, как по особенностям их формы, внутреннего строения, состава узнают об условиях формирования самородного золота в рудах и его многообразных изменениях в глубинах Земли и на поверхности. Расшифровав язык золотинок, геологи получают дополнительные ориентиры на пути к рудам и россыпям.

Для широкого круга читателей, интересующихся науками о Земле, миром минералов и образованием месторождений полезных ископаемых.

Н $\frac{1804060000 - 189}{043 (01) - 90}$ 349–89

ББК 26. 3

ISBN 5–247–00548–1



Золото и золотинки

Среди окружающих людей вы не найдете человека, который не знал бы о золоте. Но каждый представляет его по-своему.

Для тех, у кого свежи знания основ неорганической химии, это 79-й элемент периодической системы Менделеева, находящийся в I в подгруппе шестого периода. Положение в системе элементов определяет его свойства, в том числе – неустойчивость почти всех соединений золота и ярко выраженную тенденцию находиться в металлическом состоянии. Для большинства людей, забывших школьные науки, золото – драгоценный металл, тяжелые бруски которого составляют валютные запасы государств и лежат в специальных хранилищах, а ювелирные изделия – на бархате витрин. Общеизвестно также, что золото извлекают из месторождений, где оно сосредоточено в количествах, делающих добычу экономически выгодной.

Золото относят к благородным металлам, слабо подверженным окислению и всякого рода химическим воздействиям. Но это не означает полной его неуязвимости. В определенных условиях золото способно растворяться и вновь выпадать из раствора в виде металла. Кроме того, металлическое золото отличается относительно невысокой твердостью, ковкостью, пластичностью.

Такие свойства определяют особое положение минерала, содержащего основную массу этого ценного элемента в месторождениях, – самородного золота.

Оно достаточно устойчиво, чтобы в течение сотен миллионов лет, которыми может измеряться возраст месторождений, сохранять, хотя бы частично, свои первичные признаки, появившиеся в то время, когда самородное золото только еще образовалось в недрах земной коры. Но

золото, наряду с этим, способно запечатлевать в своем внешнем и внутреннем облике следы последующих воздействий различных природных процессов.

А если остаются приметы изначальных особенностей минерала и испытаний, выпавших на долю казалось бы бесчувственного инертного камня, можно научиться по ряду признаков восстанавливать условия накопления золота в месторождениях и находить к ним путеводные нити.

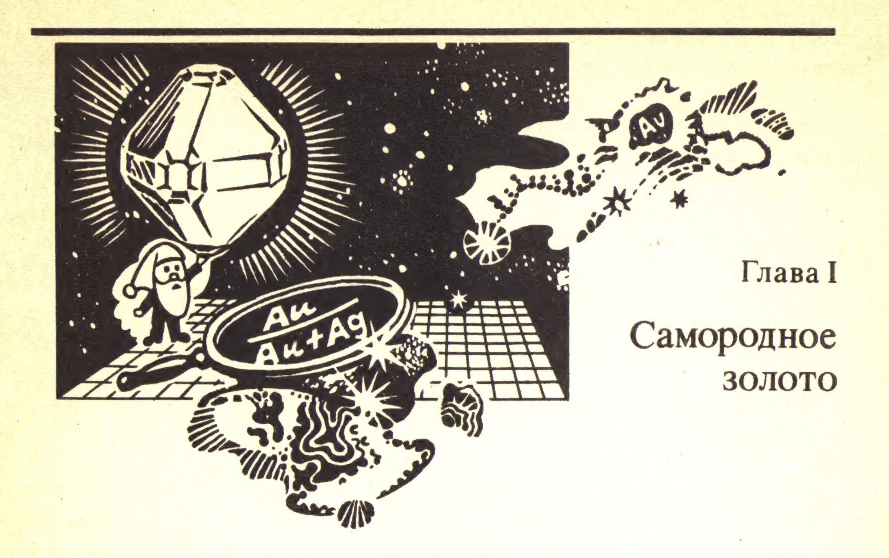
Известный современный минералог, профессор Д.Н.Григорьев, впервые сказал, что минералы "...выступают в науке каждый как целостный организм, индивид, со своей анатомией, всегда по своему "живущий". Одним из минералов, позволивших ученому сделать такое смелое и точное сравнение, было самородное золото.

Те, кто в повседневной практике сталкивается с самородным золотом, от старателя до минералога, специально изучающего тонкие особенности самородных частиц, часто называют их золотинками.

Несмотря на широкое распространение в устной речи, слово "золотинки", заменяющее более точное выражение "выделения самородного золота", многими ревнителями чистоты научной терминологии считается вульгаризмом и изгоняется с печатных страниц. И однако оно проникает в труды даже таких блестящих стилистов и знатоков золота, как Н.В. Петровская, чья книга "Самородное золото" удостоена Государственной премии.

Согласитесь, что "золотинка" звучит менее сухо и формально и рождает зримый образ предмета нашего повествования – кусочка золота, созданного и преобразованного природными процессами.

Поэтому условимся, что золотинки – это выделения самородного золота, заключенные в рудных и россыпных месторождениях, и посмотрим, какую реальную пользу приносит изучение этих постоянно изменяющихся сгустков неживой материи.



Глава I

Самородное золото

Золотые сплавы человек изготавливает сам. В зависимости от их назначения – для ювелирных украшений, технических изделий, массивных слитков, составляющих государственные запасы, монет, тончайшей фольги – золото очищают от посторонних примесей или, напротив, добавляют в него другие элементы, определяют размеры и форму сплавов, определенным образом их обрабатывают.

Самородное золото – естественное образование, минерал. Среди геологов существуют разные определения этого термина, но существо его всеми понимается одинаково. Минерал – составная часть земной коры, возникшая в результате природных физических и химических процессов, достаточно однородная и имеющая постоянные или меняющиеся в сравнительно узких пределах химический состав и главные физические свойства.

Из минералов – разных или одного – состоят слагающие земную кору горные породы.

Существуют, однако, минералы, аналогичные по кристаллической структуре, в которых атомы определенных химических элементов замещают друг друга. Образуется так называемый изоморфный ряд минералов; его крайние члены содержат существенно разные количества замещающих друг друга элементов. Некоторые свойства и отдельные признаки минералов в изоморфном ряду могут уже заметно различаться.

Нечто подобное наблюдается и у самородного золота. Оно представляет собой не строго определенный по составу и внутреннему строению минерал, а природный ряд минералов с различным содержанием двух основных элементов – золота и серебра. От большинства других мине-

ралов самородное золото отличается очень широкими вариациями состава и других признаков.

Поэтому прежде чем попытаться узнать, о чем же рассказывают золотинки, окинем взглядом все их разнообразие и посмотрим, что они из себя представляют по величине, формам, внутреннему строению и составу.

ГИГАНТЫ, КАРЛИКИ И НЕВИДИМКИ

"Золотой песок", "самородок" – эти понятия встречаются во всех книгах, касающихся поисков и добычи золота,– будь то романы Д.Н.Мамина-Сибиряка, рассказы Джека Лондона или повести наших современников.

Тем самым уже стихийно определяется возможная величина золотин – от песчинок до глыб. Но в каких именно пределах меняются размеры и масса отдельных выделений самородного золота?

Сведения о самородках-гигантах хранятся не только в людской памяти, но и в научной литературе. Правда, не всегда по давним описаниям можно установить, идет ли речь о колоссальной цельной "золотине" (без кавычек невозможно отнести это слово к массе в десятки и даже сотни килограммов) или о нескольких сближенных, но не сросшихся между собой выделениях самородного золота, цементирующих жильные минералы, чаще всего – кварц.

Так, самым большим скоплением самородного золота считается найденная в Австралии "Плита Холтермана". Она представляла собой крупный обломок кварцевой жилы, достигающий в длину более 140 см и толщиной в 10 см и более. Вся эта каменная плита пронизана тесно сросшимися и примыкающими друг к другу частицами самородного золота. Масса плиты превышала 280 кг, а заключенного в ней золота – 90 кг.

Скопления самородков или легко распадающиеся на отдельные куски самородки добывались из "кустов" в золотоносных жилах. "Кусты" обычно располагались сравнительно неглубоко от земной поверхности. Длина их измерялась первыми десятками метров, а общая масса извлеченных самородков достигала десятков килограммов. Величина отдельных самородков изменялась при этом от граммов до килограммов.

В подавляющем большинстве случаев самородки представляют собой слитное образование, своего рода гигантскую "золотину". Размеры их колеблются от нескольких миллиметров до десятков сантиметров (рис. 1, 2).

До настоящего времени существуют различные мнения о том, с какой же собственно величины частица золота получает почетное право называться самородком?

На практике устанавливается своя граница для каждого золотоносного района. Там, где самородки массой сотни граммов и килограммы представляют обычное явление, самородок, весящий 50–100 граммов, назовут мелким, а двадцатиграммовый, скорее всего, – просто золоти-

Рис. 1. Самородок из россыпи. Увел. 0,25

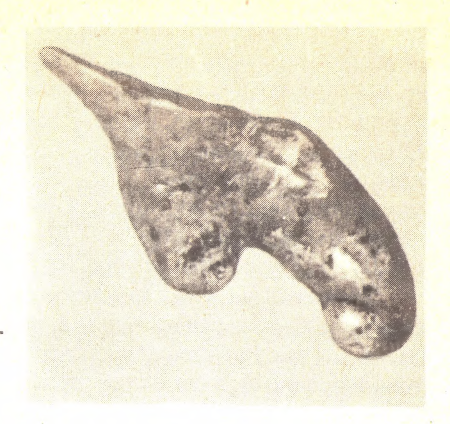


Рис. 2. Самородок комковидной формы (из россыпи). Увел. 3



ной. Но в местах преимущественного распространения мелкого золота даже полуграммовую частицу величают приличным самородком. Недаром Ю.А.Билибин относил к самородкам "частицы, резко выделяющиеся по своей крупности из общей массы металла" и считал, что минимальная масса самородков для каждого участка россыпи должна устанавливаться отдельно.

Н.В.Петровской предложена классификация самородного золота по размерам его частиц и скоплений. В этой классификации к мелким отнесены самородки массой 5–10 г, средним – десятки граммов, крупным – сотни, весьма крупным – килограммы и к гигантским – десятки килограммов.

Таким образом, минимальная масса золотых самородков не является четко зафиксированной величиной. Среди гигантских самородков, кроме "Плиты Холтермана", известностью пользуются австралийские самородки "Блестящий Барклай" (54,2 кг) и "Желанный незнакомец" (70,9 кг). Близкие по массе к другим австралийским самородкам "Канадец-1" и "Канадец-2" (50,2 и 40,0 кг) найдены в последние годы в Бразилии. Такого же порядка был и самый крупный из самородков, найденных в нашей стране на Южном Урале, – "Большой треугольник" (36,0 кг). Гигантские самородки известны в США и Канаде.

Значительная часть крупных скоплений самородного золота не сохранилась. Они переплавлены, а иногда золотодобытчики делили самородки на части. Сохранилось предание, что самый большой самородок, найденный в прошлом веке на Ленских приисках, старатели разрубили при дележе топором. Отдельные обломки известных самородков, например, "Малого Тыелгинского", находятся в различных коллекциях. Невредим "Большой треугольник", а также ряд гигантских и крупных самородков, демонстрировавшихся в Оружейной палате Кремля (см. рис. 1).

Чем крупнее самородки, тем реже они встречаются в природе. Можно думать, что вероятность находок гигантских самородков весьма невелика.

Но ведь и "золотой песок" очень неоднороден по размерам.

Когда при геологических работах берут пробы рыхлых песчано-глинистых пород, залегающих на плотных коренных породах в золотоносных районах, встречают золотинки различной величины.

А если золото в шлихе и кусочках пород не обнаружено даже с помощью бинокулярного микроскопа, значит ли это, что оно действительно отсутствует? Существует целый ряд аналитических способов, обнаруживающих золото, невидимое глазом, – атомно-абсорбционный, нейтронно-активационный, пробирный... И вот оказывается, что порой золотинок не видно, а в отдельных минералах, входящих в состав шлиха, чаще всего в пирите, содержания золота высокие.

То же самое случается и при изучении коренных пород – кварцевых жил, черных углистых сланцев, рассеченных кварц-пиритовыми прожилками и других, часто несущих золотое оруденение.

Куски породы дробят, получая „протолочечную" пробу, и извлекают из нее тяжелый концентрат с золотом. В экспедиционных полевых условиях эта процедура сводится к той же отмывке шлиха и изучению с лупой (а если возможно – с помощью бинокуляра) отдельных образцов (штуфов) породы.

В дальнейшем извлечение мелкого золота из шлиха или концентрата, полученного из тонкораздробленной породы, может производиться целым рядом технологических приемов. Этим уже занимаются не геологи, а специалисты по обогащению руд и технологии извлечения из них полезных компонентов.

А минералоги изучают с помощью специального рудного микроскопа в отраженном свете непрозрачные отполированные кусочки породы –

аншлифы. Оказывается, что наряду с весьма мелкими золотинками, которые еще можно различить при больших (1000–1500 раз) увеличениях, часто присутствует и невидимое золото. Его удается, например, обнаружить путем традиционного пробирного анализа, когда "пустая" на вид порода переплавляется, и содержащееся в ней золото образует маленький шарик – королек. Золото порой извлекается из лишенных всяких микроскопических включений кварца, минерала, состоящего из двуокиси кремния, и сульфидов, природных сернистых соединений с металлами. Значит ли это, что невидимое золото тоже имеет самородную форму и представлено золотинками?

Ведь кроме самородного золота известно более 20 минералов, в состав которых оно входит. Только соединения его с теллуром играют заметную роль как источник добычи золота в некоторых месторождениях. Эти минералы легко отличить от самородного золота, но когда речь идет о практически невидимых частицах, требуются очень тонкие исследования, чтобы не допустить ошибки.

Вопрос о форме нахождения "невидимого" золота долгое время оставался предметом дискуссии. Он имеет не просто познавательное значение, не только дает возможность более точно представить себе процесс формирования золоторудных месторождений. Выяснение формы нахождения золота непосредственно связано и с разработкой технологических процессов получения этого элемента из руд.

В классификации выделений золота по размерам к видимому золоту относят частицы 0,1 мм и крупнее, а более мелкие считаются тонкодисперсными. В этой группе частицы размером 0,5-100 мкм называют микроскопическими, менее 0,5 мкм – субмикроскопическими. Последние, в свою очередь, разделяют на ультратонкодисперсные (0,1–0,5 мкм) и коллоиднодисперсные (менее 0,1 мкм) выделения.

Долгое время продолжался спор между сторонниками гипотезы о том, что ультратонкодисперсное золото входит в кристаллическую структуру других минералов (В.Н. Войцеховский, И.М.Коробушкин, В.А.Нарсеев, М.М.Старова и др.), и теми, кто утверждал, что эти невидимки в основной своей массе являются золотинками – субмикроскопическими выделениями самородного золота (А.М.Гаврилов, Н.В.Петровская и др.). Спор решался в процессе изучения золотых руд, содержащих невидимое золото, с помощью комплекса новейших методов исследования вещества – рентгеноструктурного анализа, рентгеноспектрального, растровой электронной микроскопии, парамагнитного резонанса, нейтронно-активационного и ряда других. Некоторые вопросы пытались выяснить путем постановки экспериментов. К сожалению, почти все эти методы давали приверженцам различных точек зрения только косвенные, далеко не однозначные подтверждения их представлений. Наиболее определенные результаты были получены при электронно-микроскопических исследованиях с применением микродифракции и избирательного растворения. А.М.Гаврилову с соавторами удалось установить присутствие в сульфидах ультратонкодисперсных и коллоиднодисперсных (до сотых долей микрометра) золотинок. Рассматривая сульфиды

с высокими содержаниями невидимого золота при увеличениях более чем в 1100 раз, только в некоторых кристаллах удалось заметить отдельные включения самородного золота. Размеры их – несколько микрометров (тысячных долей миллиметра). Кристаллы сульфидов были расколоты, на поверхности сколов с помощью микрозондирования исследователи выявили скопления золотинок, величина которых варьировала от сотых до десятых долей микрометра. Более мелкие золотинки встречались достаточно редко. Чтобы не допустить ошибки, проверяли, нет ли в скоплениях субмикроскопических золотинок сурьмы и теллура, наиболее часто образующих с золотом природные соединения. Но кроме золота и серебра, присущих выделениям самородного золота, ничего не обнаружили А.М. Гаврилову удалось также показать, что и с теоретических позиций возможность вхождения атомов золота в кристаллическую структуру сульфидов железа (пирита) и мышьяка (арсенопирита), широко распространенных в золотых рудах и нередко концентрирующих невидимое золото, крайне мала.

По-видимому, пределом образования мельчайших золотинок служит момент их перехода в самородное состояние из коллоидного, промежуточного состояния между молекулярнодисперсными (истинными) растворами и грубодисперсными взвесями. Известно, что некоторые металлические сплавы представляют собой такие тонкодисперсные, переходные к однородным системам образования, содержащие частицы коллоидных размеров.

Размерам золотинок не напрасно уделяется столько внимания. Дело в том, что определенные размеры обусловливают не только технологию их извлечения. Величина золотинок определяет и многие другие их особенности, например, характер развития некоторых физических и химических процессов, изменяющих золотинки уже после их образования. Так, субмикроскопическое золото по сравнению с крупными золотинками растворяется гораздо энергичнее, благодаря значительно большей, если соотносить ее с величиной золотинок, площади соприкосновения с химически агрессивной средой.

Таким образом, среди золотинок есть невидимки, карлики, гиганты и весь переходный ряд от одних к другим.

Какие же причины способствуют возникновению самородков или мельчайших частиц золота? Что касается последних, то очевидно, они не имели времени и возможности сколько-нибудь вырасти или укрупниться при последующих природных процессах. В.Н.Сорокин предполагает, что они могли возникать при разрушении серно-мышьяковых комплексных соединений золота в рудоносных растворах. Золото при этом, вероятно, выпадало в коллоидной форме на поверхности растущих кристаллов пирита и арсенопирита и захватывалось ими. Впоследствии оно перераспределялось внутри кристаллов сульфидов в результате диффузии и соединялось в мельчайшие кристаллики. Невидимое золото могло также выпадать из морской воды, где оно всегда присутствует в растворенном состоянии, при образовании сульфидов в участках сероводородного заражения. Другие исследователи считают, что быстрое выделение золота из

простых золото-сернистых и золото-мышьяковистых соединений, которые легко распадаются, происходит при кристаллизации сульфидов. Согласно последней гипотезе, из растворов сложного состава, содержащих теллур, селен, висмут, сурьму и другие элементы, способствующие появлению устойчивых полимерных соединений, золото выпадает медленно. Происходит постепенный послойный рост золотинок; их размеры увеличиваются.

А вот какой величины могут достичь золотинки, зависит от целого ряда причин. Важное обстоятельство – количество золота, которое транспортируют золоторудные растворы к месту их разгрузки. Оказывают влияние физико-химические условия в процессе образования руд и роста золотинок – скорости изменения температуры, давления, состава растворов, концентрации в них золота. От этого зависит скорость процессов минералообразования, включая отложение самородного золота, их длительность, масса золота, которая могла выделиться из растворов.

Большую роль играет присутствие минералов, способствующих осаждению золота, и высокая степень раздробленности в рудных телах минералов, включающих золото, особенно кварца и сульфидов.

Наконец, золотинки могут увеличиваться и уменьшаться в размерах уже после своего возникновения в результате перегруппировки в процессе продолжающегося формирования руд (внутрирудные преобразования) или после завершения рудообразования (пострудные изменения).

Наблюдения на многих месторождениях показали, что весьма крупное золото и самородки встречаются в участках, где сочетается ряд благоприятных признаков – хрупкие деформации кварца и других минералов, проявления внутрирудного выщелачивания и переотложения минерального вещества, наличие минералов-осадителей золота и легко замещаемых минералов, место которых могут занять золотинки.

Минералог, приступающий к исследованию самородного золота, всегда начинает с определения величины золотинок.

В дальнейшем все признаки, характеризующие золотинки, устанавливаются и описываются отдельно для каждого класса крупности. Мы не будем строго придерживаться этого правила, чтобы избежать возможных повторений, но при специальном изучении самородного золота это правило соблюдается неукоснительно.

МНОГОЛИКИЕ И ПОХОЖИЕ

Получив представление о размерах золотинок, естественно поинтересоваться их формой. Если хотят как можно точнее охарактеризовать формы выделений самородного золота в руде, ее дробят постепенно, чтобы не расплющить золотинки, не разбить их на кусочки, потерявшие естественный облик. Нередко золото, заключенное в относительно легко крошащиеся минералы, быстро высвобождается из них. Но иногда форму золотинок трудно различить, так крепко они срослись с другими минерала-







Рис. 3. Золотинки комковидной и пластинчатой форм. Увел. 10

Рис. 4. Различные формы выделений самородного золота. Увел. 20

Рис. 5. Сочетание золотинок сложной цементационной ячеистой конфигурации и простой прожилковой формы. Увел. 20

ми. Золото может, например, цементировать, выделяясь по сети трещинок, кварц, сульфиды, карбонаты, составляя с ними единые кусочки жилы. В отдельных случаях, чтобы увидеть все детали формы золотинок, посторонние минералы растворяют в кислотах.

Бросив первый взгляд на золотинки, вы, в зависимости от того, что предстанет перед вами, выразите свое впечатление одной из фраз:

– Да они все одинаковые! Просто неровные пластинки и угловатые комочки . . .

– Какие же разные – кажется, нет ни одной похожей!

– Здесь преобладают одинаковые золотники, но среди них небольшая часть отличается своеобразными формами.

– Можно различить два вида частиц – с более простыми очертаниями и со сложными, напоминающими веточки, скрученные проволочки, скипетры, звезды . . .

Как уже упоминалось, золотинки различной крупности могут существенно различаться и по форме (рис. 3 – 5).

Почему так многообразны формы выделений самородного золота и как привести их в систему, разделить на ряд похожих групп?

Одна из самых важных и до конца нерешенных проблем образования золотых руд – источники металла в тех растворах, из которых отлагаются золотинки.



Рис. 6. Дендрит золота; от центральной оси под одинаковым углом отходят удлиненные кристаллические выступы. Увел. 20



Рис. 7. Дендритоид золота; сложно изогнутые кристаллические выступы расположены по одну сторону оси. Увел. 20

Это сложный вопрос, заслуживающий специального рассмотрения; ему уже посвящены многие работы и нет оснований считать, что решение его совсем близко. Поэтому оставим в стороне несомненно увлекательную, но почти неизвестную начальную пору формирования месторождений и сразу перейдем ко времени появления золотинок.

Наиболее часто самородное золото образуется путем кристаллизации из рудоносных растворов, содержащих химические соединения золота. Они устойчивы при определенных физико-химических условиях (давлении, температуре, концентрации водородных ионов, окислительно-восстановительном потенциале и т.п.) и распадаются при их изменении, давая начало зарождению и росту золотинок. В одной обстановке возникновение золотинок может происходить одновременно с образованием

Рис. 8. Округленные кристаллы золота. Увел. 20



Рис. 9. Удлиненные проволочные и палочковидные кристаллы золота. Увел. 20

других минералов, включающих в себя по мере роста микроскопические частицы золота. В других случаях ничто не мешает золотинкам свободно расти в незаполненных полостях, имеющихся внутри жил. Нередко самородное золото замещает другие минералы, которые постепенно растворяются, уступая место золоту. В этих случаях возникают правильные золотинки – кристаллы, их сростки, дендриты и дендритоиды (рис. 6, 7), названные так по сходству с ветвящимися деревьями. При замещении других минералов, а также при образовании самородного золота в результате распада природных твердых растворов, например, теллуридов золота, – кристаллы и их сростки обычно получаются плохо ограненными, с выпуклыми гранями и сглаженными ребрами (линиями пересечения граней) и вершинами (точками пересечения ребер). Это придает кристаллам округленные формы, близкие к шаровидным и каплевидным (рис. 8). Появляются и уплощенные или резко вытянутые, напоминающие пластинки и проволочки кристаллы (рис. 9). Золотинки таких же форм возникают, если самородное золото после образования испытывает перекристаллизацию. В дальнейшем мы увидим, что это – обычное явление.

И, наконец, чрезвычайно характерно для процесса роста выделений самородного золота заполнение им всевозможных трещин (простой конфигурации или сложно пересекающихся), цементация раздробленных минералов в рудных телах и отложение между зернами других минералов (в интерстициях), всевозможных пустотках выщелачивания. Это приводит к появлению золотинок иного типа – неправильных. Среди них, в соответствии с условиями образования, различают трещинные или прожилковые, цементационные и интерстициальные виды выделений. К трещинным формам золотинок относят различного рода прожилки, пленки, чешуйки – разобщенные или образующие неправильные сетки и близкие к параллельным системы прожилков (см. рис. 1, 3). Цементационные формы представлены комковидными частицами, нередко слегка уплощенными. Встречаются комковидные золотинки с плотным ядром и многочисленными сложными отростками, получившие название паукообразных. К этому же виду выделений принадлежат не плотные, а губчатые, ячеистые, петельчатые золотинки (рис. 10) . Интерстициальные формы определяются конфигурацией заполняемых самородным золотом промежутков между минералами, – это и изогнутые прожилки, пленки, комочки с отростками, клиновидные частицы, и их разнообразные сростки.

Как всегда в природе, имеются и переходные формы, выделенные в самостоятельный тип смешанных форм. Для них характерно присутствие неполных кристаллов – ограненных участков на прожилковых и комковидных золотинках, срастаний кристаллов, древовидных ответвлений с неправильными частицами, присутствие выступов и отростков на правильных формах (рис. 11).

Смешанные золотинки возникают в неоднородной среде. Если один участок выделения отлагался в трещине, заканчивающейся пустоткой, в ней мог образоваться кристаллически ограненный выступ,

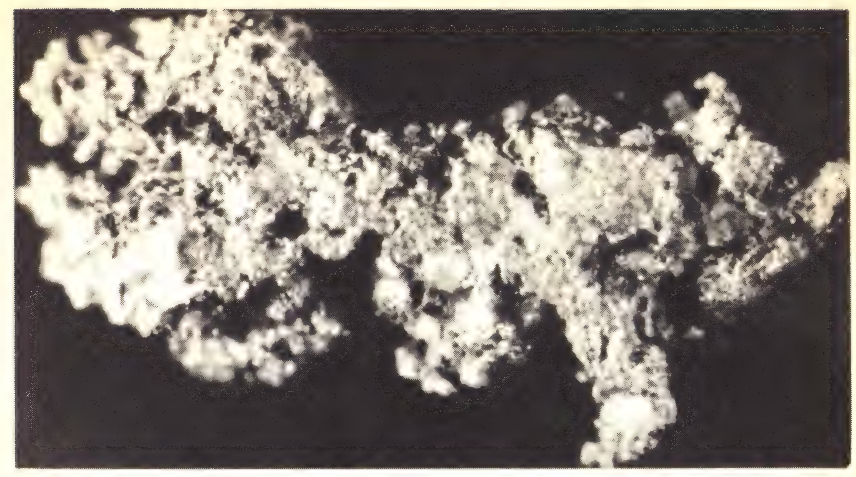


Рис. 10. Золотинка губчатой формы. Увел. 20



Рис. 11. Золотинки смешанной морфологии с сочетанием кристаллических граней и неправильных форм. Увел. 20

венчающий золотой прожилок. Бывает, что трещинка, вместившая золотинку, с одной стороны ограничена минералом, не растворяющимся и не уступавшим место золоту при просачивании золотоносных растворов, а вторая стенка трещины сложена легко выщелачиваемым веществом. Молекула за молекулой оно будет выноситься раствором, а золото также постепенно будет занимать его место, принимая более или менее правильные формы. Противоположная сторона золотинки пассивно повторит неровности устойчивой поверхности трещинки.

Такая общая классификация форм золотинок позволяет не только выделить основные их типы и виды, но и получить первое представление об условиях образования, а именно о характере среды, в которой они выросли. Это первый шаг к пониманию происхождения частиц самородного золота.

Морфология золотинок стоит того, чтобы вглядеться в них пристальнее. Вряд ли найдется другой минерал, обладающий таким много-

образием форм и таким их великолепием. Но дело не в эстетическом их восприятии, а в том, что форма поможет судить о среде, в которой росли золотинки.

Изучение тонкодисперсного золота, проведенное в последнее десятилетие, установило, что мельчайшие золотинки представлены изометричными или слабо удлиненными кристаллами.

Крупные правильные кристаллы наблюдаются редко; чаще можно встретить кристаллы уплощенные, даже пластинчатого облика. Напротив, среди мелких золотинок количество кристаллов значительно, хотя правильно ограненные кристаллы в большей части месторождений развиты ограниченно.

Все вещества, в том числе и минералы, способные к образованию кристаллов, принимают не любые формы, а только присущие определенной кристаллографической системе. Это обусловлено порядком расположения в кристаллической решетке отдельных атомов. Самородное золото кристаллизуется в кубической системе, относящейся к высшей категории симметрии. Наиболее часто у кристаллов самородного золота отмечаются грани октаэдра – восьмигранника с гранями в форме правильного треугольника, ромбододекаэдра – двенадцатигранника с ромбическими гранями, куба.Значительно реже представлены грани более сложных многогранников. Сочетание симметрично расположенных граней приводит к возникновению разнообразных по внешнему виду кристаллов. Правильные кристаллы представлены выпуклыми многогранниками. Благоприятные для их роста условия в природе возникают не часто. Поэтому значительное число кристаллов имеет искаженные формы. При резкой разнице скоростей роста кристалла по разным направлениям, что может быть, например, связано с притоком золотоносных растворов только с одной стороны, образуются не сплошные многогранники, а скелетные кристаллы – полые, с углублениями, звездчатые, лучистые, сетчатые (рис.12).

На вершинах кристаллов можно видеть признаки их расщепленного роста, приводящего к образованию ряда кристаллических выступов – как бы дополнительных "головок".

Облик кристаллов также усложняется, если они представляют собой двойниковые сростки, имеющие одну общую грань. Их очертания в плане определяются формой сростка, поэтому конфигурация двойников может быть внешне совершенно несвойственной симметрии самородного золота. Так ряд исследователей отмечали шестиугольные очертания укороченных двойниковых сростков и пятиугольные – скелетных кристаллов.

Очень характерны для ряда месторождений удлиненные кристаллы и их двойниковые сростки в виде иголочек, волосков, ленточек, проволочек, вытянутых по одной из граней (см.рис. 9). На проволочных кристаллах располагаются иногда на разных расстояниях друг от друга или попарно под определенным углом к оси проволочки кристаллические наросты, необычайно напоминающие почки на древесных ветвях (рис. 13).



Рис. 12. Скелетный кристалл золота. Увел. 20



Рис. 13. Дендрит золота. Увел. 20

В некоторых случаях проволочные выделения разветвляются, и отдельные веточки заканчиваются скелетными полыми половинками кристаллов, подобно маленьким золотым канделябрам. Проволочные и палочковидные кристаллы с округленными утолщениями на конце похожи на скипетры. Если же округлые образования возникают на обоих концах удлиненного кристалла, золотинка имеет вид гантелей.

При срастании друг с другом кристаллы образуют золотинки различной формы. Если кристаллы выходят как бы из одного центра, возникают друзы, при отсутствии такого центра – сложные друзовидные каркасы. Нанизанные вдоль одной оси, расположенные в одной или нескольких плоскостях кристаллы, представляют собой настоящие золотые колоски. Увенчанный более крупным кристаллом колосок принимает



Рис. 14. Дендритоиды и сростки кристаллов золота проволоковидной и лентовидной форм. Увел. 20

форму изящного скипетра. Кристаллы, как бы посаженные на единую ось (четковидные сростки); кольца с округлыми кристаллическими выступами; проволоковидные и лентовидные сростки кристаллов, на поверхности которых тонкими выступами или канавками намечаются границы кристаллов; спутанно-волокнистые скопления волосовидных кристаллов – вот далеко не полный перечень форм, возникающих при срастании кристаллов самородного золота (рис. 14–17).

Особенно причудливые формы имеют дендриты и дендритоиды. Единого мнения о том, что из себя представляют дендриты, не существует. Предполагают, что это большей частью фигуры роста, состоящие из отдельных, сросшихся друг с другом, кристаллов. Изучение их внутреннего строения показывает, что обычно каждый дендрит – это единый кристалл, часто с признаками не сплошного, а скелетного роста. Для дендритов характерно закономерное расположение отдельных элементов – кристаллоподобных выступов.

К дендритоидам относят золотинки с неотчетливо проявленным разветвлением, "стволовые" центральные стержни могут отсутствовать, ветви иногда срастаются друг с другом.

Разнообразие форм дендритов и дендритоидов самородного золота настолько велико, что Н.В.Петровская, автор систематики форм выделений самородного золота, предложила специальную классификацию дендритов.





Рис. 15. Сростки кристаллов золота. Увел. 20

Общие формы золотинок бывают древовидные, кустовидные, моховидные у трехмерных выделений; веточковидные, листовидные, папоротниковидные, ельчатые, звездчатые, решетчатые, плетеные, лапчатые и барельефные у плоских золотинок; проволочные с "бутончатыми" выступами, скипетровидные и щепковидные (состоящие из параллельно сросшихся стволов с зародышевыми ветвями) у стержневых дендритов и дендритоидов.

Только перечисление названий рождает в воображении сказочные золотые папоротники и ветви деревьев, сплетения лент и узорные листья. А реальные золотинки обнаруживают все новые сочетания узоров, напоминающие то вологодские кружева, то клешни морских чудовищ, то фантастические стебли и цветы.

Рис. 16. Сростки кристаллов золота. Увел. 20



Рис. 17. Сросток скелетных кристаллов золота. Увел. 20

К книге автора упомянутой систематики мы отсылаем тех, кто хочет подробнее узнать о формах золотинок и познакомиться с рядом их уникальных фотографий и зарисовок.

Кроме формы золотинок, существует еще такое понятие, как скульптура их поверхности. Это неровности, возникающие при росте частиц. Нарастая слой за слоем, поверхность кристаллов и неправильных выделений приобретает ступенчатый рельеф (скульптуру) или тонкую линейную штриховку, параллельную пересечениям различных граней. Ступени имеют различную высоту – от долей микрометра, различимых только с помощью электронного микроскопа, до грубых, видимых простым глазом уступов.

На золоте остаются также отпечатки отдельных граней кристаллов кварца, сульфидов, карбонатов, реже – других минералов-соседей; неправильные ямчатые поверхности трещин, сложенных различными минералами; трещинок спайности – направлений, по которым раскалываются и расслаиваются многие минералы на кусочки с гладкой поверхностью.

Растворы, циркулирующие в рудах и после отложения самородного золота, образуют фигуры травления – углубления в виде микроскопических пирамидок, шестиугольных несколько округленных углублений, уступов.

Рассматривая поверхность золотинок с помощью электронного микроскопа при увеличениях в несколько тысяч раз, можно видеть более тонкие – субмикроскопические – скульптуры. Они также помогают судить о механизме роста золотинок – путем наслаивания тончайших пластов золота. Иногда поверхность напоминает округлые микроскопи-

ческие холмики, разделенные извилистыми ручейками. Такой рельеф называют почковидным (он действительно напоминает строение поверхности почек животных). Обычно почковидный рельеф возникает при осаждении золота не из истинных, а из коллоидных растворов.

Но неправильно было бы на основании всего сказанного заключить, что золотинки всегда и везде отличаются разнообразием формы и скульптуры поверхности.

Вспомним о преимущественно одинаковых формах тонкодисперсных золотинок. И в рудах с более крупным золотом есть участки, где почти все его частицы похожи друг на друга – пусть не как близнецы, но как близкие родственники.

Итак, всматриваясь в вариации форм и скульптур поверхности золотинок, можно получить представление о механизме их роста, вмещающей среде, интенсивности роста минерала и даже о том, что образование золотинок в одном и том же участке рудного тела происходило не один раз.

Следующие, более глубокие и точные, пласты информации дает изучение химического состава и внутреннего строения золотинок.

НЕРАЗЛУЧНЫЕ И СЛУЧАЙНЫЕ

В какой бы связи и кто бы ни заговорил о золоте – самородном или в ювелирных изделиях – можно быть почти уверенным, что прозвучит слово "проба".

Проба золота показывает, сколько золота содержится в сплавах или золотинках.

В самородном золоте практически постоянной, неразлучной с ним примесью, часто присутствующей в значительном количестве, является серебро. Остальные примеси – постоянные, достаточно обычные, весьма редкие, – как правило, все вместе редко превышают 0,2% общей массы золотинок и только в отдельных случаях их сумма достигает 1%.

Проба золота определяется как отношение содержания в сплаве или самородном золоте собственно золота к сумме содержаний золота и серебра

$$\frac{Au}{(Au + Ag)} \cdot 1000.$$

В отдельных золоторудных районах встречаются золотинки с высокими содержаниями других примесей – ртути (ртутное золото и амальгамы), меди (медистое золото). В таких случаях вычисляется лигатурная проба, представляющая собой отношение золота к сумме всех примесей в нем, или же количество золота указывается в процентах.

Проба золота измеряется в промилле ($^{0}/oo$), но обозначение единицы измерения обычно опускается.

Проба химически чистого золота должна равняться 1000, но практически такая степень очистки сплавов не достигнута и максимальная про-

ба составляет 999,9 – 999,99. В природе также встречено золото пробы, превышающей 999.

Для обозначения более серебристых членов природного золото - серебряного ряда употребляют названия "электрум" и "кюстелит". Верхняя граница концентрации золота в этих разновидностях различными авторами проводится по-разному.

Наиболее часто к электруму относят золото пробы 250 – 700, к кюстелиту –250 – 101. Более низкие концентрации золота (100 и менее) характеризуют уже самородное серебро. Цифровые обозначения пробы можно заменять общепринятыми названиями, предложенными Н.В.Петровской: весьма (исключительно) высокопробное золото – проба выше 950; высокопробное — от 900 до 950; средней пробы — 800—899; относительно низкопробное — 700 – 799; низкопробное — 600 – 699; весьма низкопробное или высокосеребристое – ниже 600.

При промышленной добыче золота представляет интерес доля этого ценного элемента в общей массе полученного металла. На переплавку попадают золотинки с включениями пустой породы, посторонние минералы, механические примеси. В этих случаях устанавливается лигатурная проба, позволяющая оценить добычу, но мало говорящая исследователю о самих золотинках. А только сведения такого рода важны для понимания условий образования самородного золота и, в конечном счете, для поисков месторождений.

Это заставляет применять анализы, основанные не на сплавлении, растворении или сжигании большого числа золотинок, а на изучении отдельно взятой золотинки или даже ничтожной ее доли. Только для определения средней пробы крупной золотины или самородка можно прибегнуть к аналитическим методам, требующим больших навесок – пробирному, спектральному, микрохимическому.

Каждый из видов анализа, предназначенный для исследования одной золотинки, имеет и свои положительные стороны и недостатки.

Простейший, быстрый и точный, но незаслуженно забытый из-за кажущейся примитивности способ определения пробы золота – метод пробирного камня. Проба узнается путем сравнения цвета черточек, проведенных золотинкой и эталоном (пробирной иглой), на специальном пробирном камне. Если цвет двух черточек-штрихов различается слабо, на две сравниваемые полоски наносится поперечный мазок кислотой. Более низкопробный штрих становится при этом темнее соседнего, так как чем больше серебра, тем быстрее затравливается самородное золото или золотой сплав.

Остальные методы определения пробы требуют специального оборудования и подготовки золотинок к анализу. Рассмотрение принципов действия аппаратуры, созданной для исследования состава вещества, не входит в нашу задачу. Но на примере изучения пробы золота можно понять, насколько обширен современный комплекс аналитических методов и как избирательно следует их применять для решения конкретных задач.

Атомно-абсорбционный метод позволяет определить пробу мелкой золотинки или части более крупного выделения. Определение производится из раствора, поэтому результат получается усредненный для каждой частицы. Метод нельзя применять, когда нужно определить пробу отдельных участков золотинок или пробу золота, заключенного в руде.

Определение пробы методом измерения коэффициентов отражения золота позволяет в ряде случаев решить эту задачу. Для получения точных результатов требуются участки полированных выделений золота без дефектов полировки. Этого нелегко достичь в полированных кусочках руды (аншлифах) из-за различной твердости слагающих руду минералов. Золото обычно бывает одним из самых мягких минералов и плохо поддается полировке. Важное преимущество этого метода – полная сохранность золотинок, подвергнутых исследованию.

Применение локального микроспектрального метода (лазерный эмиссионный анализ) позволяет определять пробу мелких золотинок, даже если они заключены в аншлифе или в кусочках руды. Если проба устанавливается для отдельных участков золотин, соседние остаются ненарушенными. Ценно и то, что наряду с определением пробы можно получить качественные данные о наличии в золоте других элементов-примесей.

Рентгеноспектральный (микрозондовый) метод анализа золота достаточно трудоемкий и дорогостоящий. Метод позволяет установить, сколько содержится серебра в микроскопических малых участках золотин и изучать распределение в их пределах серебра и золота. При этом исследователь обязан точно знать, что же он изучает, какой элемент строения самородного золота. Случайные, массовые определения пробы в разных точках золотинок могут дать толчок для неверных умозаключений и необоснованных выводов.

Так как твердость самородного золота зависит от содержания в нем серебра, иногда для определения пробы применяется метод изучения микротвердости золотинок.

Определять пробу золота путем измерения его микротвердости и сравнения полученных значений с эталонными можно только в тех случаях, когда не требуется большой точности.

Замерив одним из наиболее рациональных для поставленной цели способом пробу золота, узнают содержание в золотинках серебра или при наличии других примесей их сумму вместе с серебром.

Серебро неразлучно с природным золотом. Недаром эту примесь называют главной. И Au и Ag относятся к одной и той же подгруппе соседних периодов таблицы Д.И. Менделеева и обладают сходными химическими свойствами. Размеры атомов обоих элементов близки, и атомы могут замещать друг друга в кристаллической решетке (давать твердые растворы замещения).

В природе обнаружены минералы с такими соотношениями золота и серебра, что они образуют непрерывный природный ряд от самородного золота до самородного серебра. Это не значит, что в каждом месторож-

дении можно встретить золото любой пробы, но во всех вместе взятых известных месторождениях найдены золотинки и серебринки, выстраивающиеся без перерывов от почти химически чистого золота (99,9 % Au) до такого же чистого серебра (99,9 % Ag). Некоторые исследователи считают, что это непрерывный ряд твердых растворов серебра в золоте и золота в серебре, другие считают его прерывистым, дискретным.

Существует предположение, что золотинки представляют собой интерметаллические соединения золота с серебром. Действительно, наибольшим распространением пользуется самородное золото с соотношениями Au и Ag близкими к тем, какие должны были бы быть у предполагаемых соединений этих элементов. Так, наиболее часто наблюдается золото пробы 650, 790, 850–870, 900–920, 940–960. По-видимому, в зависимости от физико-химических условий кристаллизации, состав твердого раствора "золото–серебро" может варьировать практически без ограничений. Но в процессе дальнейших изменений золотинок, речь о которых впереди, строение золотинок упорядочивается и состав приближается к составу соединений золота с серебром.

Существуют и другие элементы, близкие к золоту по химическим свойствам. Однако они образуют в золотинках только второстепенные примеси, как, например, медь, присутствующая в них постоянно.

В районах распространения месторождений меди и в самих этих месторождениях в золотинках часто отмечаются повышенные примеси меди, изменяющиеся от десятых долей процента до нескольких процентов. Встречается и медистое золото (более 20 % Cu), и интерметаллические соединения меди с золотом, золота с медью, а также золота, меди и серебра. Но редко, лишь в отдельных месторождениях или рудных телах, медистое золото преобладает. Это объясняется тем, что медь гораздо более активна, чем золото и серебро. Она намного быстрее выпадает из рудоносных растворов, образуя многочисленные минералы – соединения с серой, металлами, металлоидами. На долю позднее осаждающегося более инертного золота приходится только незначительная примесь меди.

В золотинках установлено присутствие до 40 элементов-примесей. Очень часто в качестве элементов-примесей в золотинках обнаруживают ртуть, железо, свинец. Реже встречаются сурьма, висмут, мышьяк, цинк, теллур, селен. Наличие их обусловлено составом золотых руд. И.П.Ланцев установил, что если определять содержание примесей предложенным им спектрографическим методом из маленькой навески, обработав золотинки кислотами для удаления с их поверхности других минералов, то в золоте окажутся повышенные содержания элементов, входящих в состав так называемых продуктивных ассоциаций. Это сообщества минералов, отлагавшихся из золотоносных растворов при формировании руды близко по времени с самородным золотом.

Другие методы определения состава элементов-примесей в золотинах (спектральный, микрохимический, химический) требуют навесок в десятки раз больших. Этими способами в золотинах выявляется значи-

тельное число примесей, характерных для минералов, образовавшихся до и после отложения минеральных сообществ, несущих золото.

Такая зависимость обусловлена формой нахождения в золотинках большей части примесей. Помимо серебра, лишь некоторые элементы (медь, ртуть, платина) могут входить в кристаллическую структуру самородного золота, образуя с ним твердые растворы замещения. Остальные элементы-примеси связаны с механическими включениями других минералов.

Это подтверждается рентгеноспектральными исследованиями. Высокие концентрации примесей в золотинках отмечаются обычно в отдельных точках, где одновременно присутствуют другие элементы (сера, кислород). При увеличениях, позволяющих видеть мельчайшие частицы, наблюдаются границы самостоятельных фаз минералов, заключенных в золотинки.

Естественно, чем больше навеска, тем больше вероятность того, что во взятом на анализ золоте окажутся механические примеси минералов, слагающих рудное тело.

Для золотинок из месторождений как отдельных золоторудных районов, так и обширных площадей, типичны примеси олова, молибдена, вольфрама, хрома, марганца, титана, платиноидов, кобальта, никеля. Эти примеси получили название регионально типичных. Они отражают геохимическую обстановку территории и входят в состав различных минералов, вкрапленных в золотинки в виде мельчайших включений. Участие их в составе руд чаще всего случайное. Это обычно соседство в одном и том же месте минералов, образовавшихся в разное время, в различных условиях.

Таким образом, одни из примесей в золотинках постоянны и состоят с ними в тесном родстве, другие встречаются часто и связаны с самородным золотом менее близкими, но родственными отношениями, и, наконец, третьи появляются как случайные гости.

Распределение главной примеси в золотинках – серебра – во многом определяет их внутреннее строение. К главным его особенностям мы и обратимся.

ЗЕРНО – НАЧАЛО И ОСНОВА

Начало жизни золотинки – возникновение центра кристаллизации, маленького зародыша будущего индивида. Он может вырасти в кристалл, дендрит или стать неправильным выделением. Несколько центров кристаллизации, возникших поблизости, дают начало ряду индивидов. Разрастаясь, они могут соприкоснуться друг с другом и образовать агрегат, имеющий общую поверхность, но разделенный внутренними границами на прилегающие друг к другу зерна (рис. 18).

Зародыши зерен самородного золота возникают в рудоносных растворах и в твердых минералах золота (например, теллуридах), и даже в самих золотинках внутри уже существующих зерен – при перекристал-

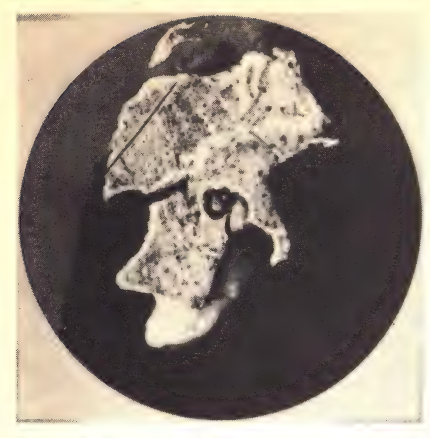


Рис. 18. Зернистое внутреннее строение золотинки. По периферии зерен и их границам развита кайма, обедненная серебром (белое). Полированный срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 200



Рис. 19. Двойники в зернах золота. Полированный срез, протравленный **царской водкой. Увел. 130**

лизации. Золотинки могли расти и в магматических расплавах, например, при формировании медно-никелевых месторождений. Существуют предположения, что кристаллизация золота в некоторых месторождениях происходит из газообразного состояния. Но наиболее часто приходится наблюдать результат роста золотинки из раствора. При этом центры кристаллизации обычно появлялись на стенках трещин в рудных телах, сложенных кварцем и другими минералами. Индивиды росли в одном направлении перпендикулярно плоскости стенки, образуя однорядный сросток зерен. В более широких трещинках зерна росли от обеих стенок к центру и, смыкаясь, образовывали двухрядное выделение.

В благоприятных условиях, когда центров кристаллизации было мало и росшему индивиду не мешали ни зерна-соседи, ни вмещающие минералы, возникали кристаллы. В особых условиях роста, о которых мы упоминали, возникали скелетные кристаллы, появлялись дендриты. Эти золотинки, как и кристаллы, не расчленяются на зерна и не имеют межзерновых границ, исключая случаи срастания друг с другом дентритов, скелетов, кристаллов.

Если два индивида срастаются закономерно, например, по грани октаэдра, то образуется двойник. Плоскость срастания видна внутри зерна или кристалла в виде двойникового шва – линейной границы. Двойникование связывают с внутренними напряжениями кристаллической решетки минерала, вызванными наличием примесей. Но можно думать, что двойники появляются и в результате механических деформаций. Это подтверждается развитием двойников у золотинок, практически лишенных примесей и более чем на 99% состоящих из золота. Кроме того, широкое

распространение двойников у тонких, легко сминающихся, проволочных, волосовидных и лентовидных золотин также убеждает в возможности образования двойников у кристаллов, деформирующихся еще в процессе роста.

Для золотинок типичны не только простые двойники, состоящие из двух половинок (субиндивидов). Часто срастаются три субиндивида, причем средний на срезе представлен полоской различной толщины у разных золотинок. Встречаются и полисинтетические двойники, образующие чередование нескольких полосок на срезе (рис. 19).

Для того, чтобы наблюдать эти простейшие элементы внутреннего строения (внутренней структуры) золотинок, их следует определенным образом подготовить.

Внутренняя структура выявляется с помощью травления полированных срезов золотинок химическими реактивами. Необходимый препарат получают двумя способами. Распиливают кусочек руды, содержащий золотинки, шлифуют, а затем полируют поверхность распила. Так получают аншлиф. Золотинки в нем могут быть видимыми простым глазом или при небольшом увеличении, а могут различаться только с помощью микроскопа.

Второй способ заключается в приготовлении монтированных аншлифов (брикетов). Для этого извлеченные из руды золотинки запрессовываются в цементирующую массу, чаще всего – в эпоксидную смолу, затем брикеты шлифуют и полируют.

Золотинки в аншлифах и брикетах протравливают реактивами. Самые распространенные реактивы – различной концентрации царская водка, раствор хромового ангидрида в соляной кислоте и азотная кислота или ее пары. Царская водка наилучшим образом выявляет зернистое строение и различные высокопробные прожилки и оболочки. Раствор хромового ангидрида позволяет проследить зональное расположение примеси серебра.

Наблюдения проводят с помощью рудного микроскопа, характеризующегося тем, что изображение рассматривается не в проходящем, а в отраженном свете.

Травление царской водкой приводит к тем более быстрому растворению золотинок, чем выше в них концентрация серебра. Протравленная поверхность буреет. Травление раствором хромового ангидрида в соляной кислоте способствует выщелачиванию серебра. Оно взаимодействует с реактивом, образуя осадок, имеющий тем более интенсивную окраску различного цвета, чем больше растворилось серебра. Более низкопробные участки золотинок покрываются более темной пленкой.

Различно ориентированные направления в золотинках также несколько отличаются по химической активности взаимодействия с реактивами. Это связано с разной плотностью расположения атомов Au и Ag в разных сечениях кристаллической структуры. Так как зерна в агрегатах ориентированы не совсем одинаково, они протравливаются с разной скоростью. Различается и окраска двойниковых субиндивидов. Дендриты и несдвойникованные кристаллы при равномерном распределении в них

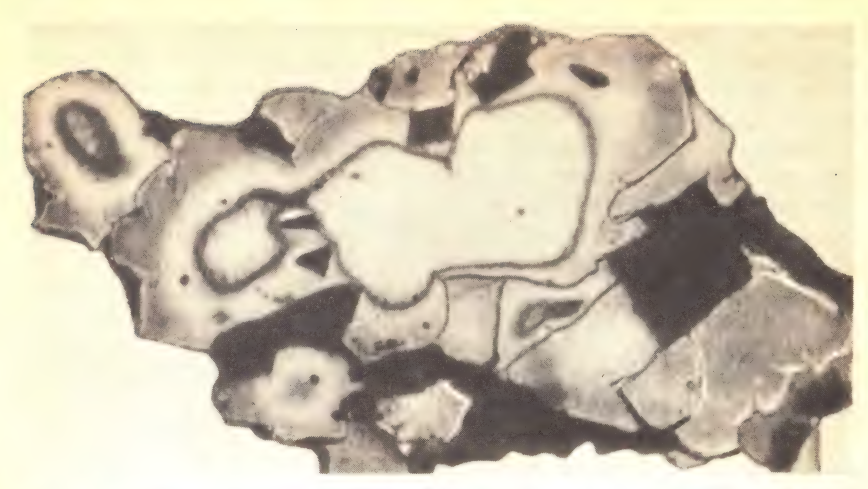


Рис. 20. Зональное строение зерен низкопробного золота. Полированный срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 130

примеси серебра протравливаются одинаково, приобретая однотонную окраску по всей золотинке.

У низкопробного и высокосеребристого золота, начиная от пробы 780 и ниже, неоднородность в большинстве случаев имеет вид зон роста, повторяющих контуры кристаллографических направлений (рис. 20). Даже в неправильных зернах в их центральных частях наблюдаются мелкие, очерченные вписанными друг в друга разноцветными зонами роста, кристаллы. По периферии таких золотинок зоны становятся неправильными, обрезаются контурами полостей, вмещающих золотинку, и границами соседних зерен. У золота пробы 780–800 (иногда 820) также бывают зоны роста, но нечеткие, размытые.

Кроме неоднородностей на полированных срезах золотин бывают видны неравномерно расположенные пустотки, размещающиеся на стыках зерен в агрегатах и внутри зерен и кристаллов. Формы пустоток линзовидные, округлые, угловатые, полигональные, неправильные, извилистые. Они содержат газово-жидкие включения, захваченные из золотоносных растворов при кристаллизации золотинок. Химические компоненты во включениях несомненно те, которые были и в растворах, но концентрации их могли существенно измениться в процессе образования руды по сравнению с первоначальным составом рудоносных растворов.

Являются ли и такие особенности внутреннего строения золотинок как зернистость и зональность роста первичными, неизменившимися с момента образования золотинок в рудах?

Ведь с этого времени миновали в лучшем случае десятки, а чаще – сотни миллионов лет. Золотинка – не просто минерал, но и самородный металл, обладающий высокой пластичностью, отзывающийся на любое напряжение в земной коре, на изменения температуры, давления...

Наконец, за такой период могли проявиться процессы естественного старения металла.

Все это так. Но как мы увидим дальше, при всех механических и тепловых воздействиях зоны роста заметно изменяются. И если у золотинок проявлена зональность, подчеркивающая кристаллографические направления, мы вправе считать ее первичной.

С той же долей условности считают первичными одно- и двухрядные зернистые агрегаты (ведь не исключено, что золотинки однажды образованные, были растворены и отложены повторно). В дальнейшем мы убедимся, что комплекс признаков, присущих золотинкам, свидетельствует об условиях их образования. Следовательно, изначальные особенности самородного золота, несмотря на его многомиллионный возраст, сохраняются в достаточной степени, чтобы вести от них дальнейшую историю непростой жизни золотинок.

МЕНЯЮТСЯ, ЕДВА УСПЕВ РОДИТЬСЯ....

И вот образовались золотинки...

У них совершенно определенные размеры, морфология, состав и внутренняя структура. Выросли золотинки во время формирования рудного месторождения в земных глубинах. Поэтому и название получили эндогенного или гипогенного золота, то есть ведущего происхождение из глубин.

Но земные недра не представляют собой нечто раз и навсегда застывшее, неизменное. В них происходят движения; в разных участках земной коры в толщи пород внедряется расплавленная магма, нагревая все далеко окрест или прогревая породы вблизи застывающих потоков. Раскаленные купола дышат жаром, как гигантские домны; изливаются лавы, происходят землетрясения, оползни, подземные взрывы, прорывающиеся и на поверхность...

Все это не проходит бесследно для золотинок. Да и само их рождение не всегда знаменует завершение процесса рудообразования. По тем же трещинам или по другим направлениям, приоткрывшимся при новых подвижках, могут поступить горячие минерализованные растворы — гидротермы. Многообразны возможности их возникновения и пути движения. Но для золотинок важно, чтобы гидротермы не только прогревали породу, но нередко давали жизнь новому поколению золотинок — следующей их генерации.

Тонкодисперсные частицы ранее образовавшегося золота могли быть растворены и поглощены новыми порциями растворов, и более молодое (или позднее) самородное золото в таких случаях частично или полностью росло за счет раннего. Такое вторично рожденное в глубинах земли самородное золото называется регенерированным.

Более крупные ранние золотинки сохранялись, но также испытывали на себе тепловое и химическое (растворяющее) воздействие гидротерм.

Меняются ли все признаки золотинок или только некоторые из них? – Это зависит от многих причин.

Чтобы понять, что и как воздействует на самородное золото, необходимы эксперименты, моделирующие природные процессы. Определенные представления получают и при сопоставлении золотинок из отдельных участков одного месторождения или из разных месторождений, если одни из них не испытали после формирования руд никаких геологических воздействий, а вторые, напротив, претерпели различные преобразования. Эти изменения, обусловленные прогреванием пород, их движениями и сочетанием этих факторов, называются метаморфическими. Они бывают внутрирудными, проявлявшимися после образования одного или нескольких поколений золотинок, но до завершения рудного процесса, и послерудными.

Практически невозможно найти месторождение, где изменения золотинок не проявлены, хотя бы в незначительной степени. Различия заключаются в причинах, вызвавших преобразования, их масштабах и интенсивности.

Изменения самородного золота в рудах долгое время оставались изученными только поблизости от магматических тел – горных пород, которые когда-то представляли собой расплавленные массы и застывали уже после образования месторождений. Иными словами, фиксировались изменения золотинок в контактовых ореолах магматических тел – на таких расстояниях от них, на которые распространялось воздействие длительно существовавшего теплового поля. В значительно меньшей степени были известны преобразования самородного золота в участках проработки руд гидротермальными растворами.

Экспериментальные исследования метаморфизма самородного золота при повышенных температурах впервые выполнил В.Г.Моисеенко.

В качестве основных признаков термического метаморфизма он указывает на повышение пробы и большой разброс ее значений; низкое содержание или отсутствие в золоте легко летучих элементов (ртути, сурьмы, мышьяка), развитие регенерированных (из повторно отложенного золота) высокопробных и низкопробных оболочек на золотинках; образование в рудах вокруг золотин ореолов тонкодисперсного золота и серебра; развитие золотин кристаллической формы; отсутствие типичных для неизмененного золота двойников и газово-жидких включений.

В.Г. Моисеенко проводил наблюдения над преобразованиями золота преимущественно в контактовых ореолах относительно небольших магматических тел, а экспериментально – при нагревании самородного золота и золото-серебряных сплавов при температурах 100 °С и выше. При этом отмечалось образование в зернах золота новых более мелкозернистых гранулированных агрегатов. При температурах свыше 400–600 °С они начинали дезинтегрироваться – отделяться друг от друга и рассеиваться. До этих температур, напротив, преобладали процессы укрупнения, слияния, тонкодисперсных золотинок.

Перегруппировка при метаморфизме тонкодисперсного золота, зак-

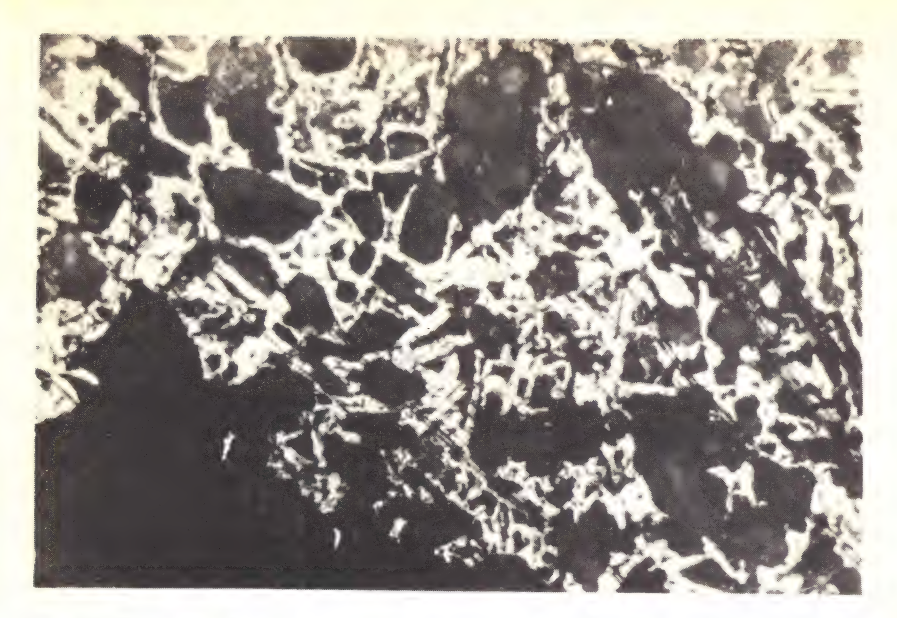


Рис. 21. Структура распада твердого раствора в медистом золоте. Полированный срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 200

люченного в сульфиды, экспериментально изучалась также под руководством М.С.Сахаровой. М.А.Калиткина установила, что для укрупнения золота в пирите наиболее благоприятны температуры 350–450 °С, а в арсенопирите – 400–500 °С, но перераспределение золота в кристаллах этих минералов может происходить и при 250–300 °С. Кристаллическая структура минерала не меняется, а золото внутри него перемещается. При температурах выше 600 °С дезинтеграция золота преобладает над укрупнением.

Н.В.Петровская отмечает у золотин еще ряд структур, связи которых с послекристаллизационными явлениями наиболее отчетливы:

структуры распада: пластинчатые и решетчатые структуры распада медистого золота, и возможно, пятнистые обособления золота, различающиеся по концентрации серебра (рис. 21);

структуры собирательной перекристаллизации, когда одни зерна при своем росте захватывают и включают в свои границы соседние, и укрупнение зерен;

структуры рекристаллизации, если в деформированных зернах зарождаются новые, более мелкие, с ненарушенной структурой (рис. 22);

двойники, чаще полисинтетические и обрывающиеся внутри зерен (двойники прорастания);

зональность, подчиненная контурам зерен и границ золотин (эпигенетическая, возникшая после рождения золотинки) (рис. 23);

контуры зерен раннего золота (реликты) в более поздних по времени отложения золотинах (рис. 24).

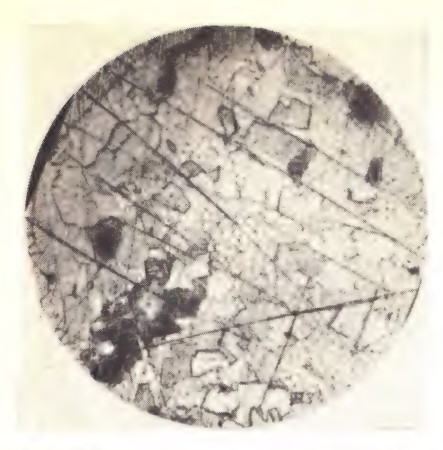


Рис. 22. Структура рекристаллизации самородного золота. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 250

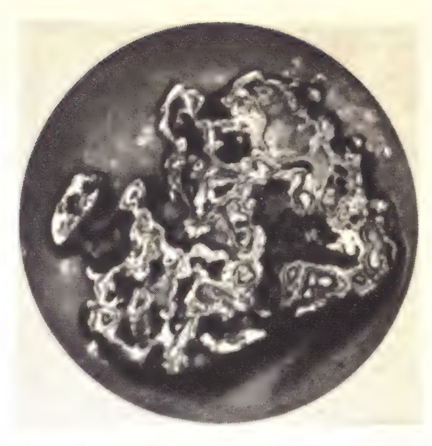


Рис. 23. Концентрическая зональность выделений золота, испытавших метаморфизм. Полированый срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 130

Большая часть признаков метаморфических преобразований находит объяснение в перемещении атомов в золотинках – в диффузионной перегруппировке серебра и других примесей и выносе их за пределы золотин, – а также в самодиффузии золота – перемещении атомов золота в кристаллической структуре золотин.

Скорость движения частиц определяется коэффициентом диффузии. У серебра он в зависимости от условий опыта оказывается в 2–230 раз выше, чем у золота. В опытах с самородным золотом скорости диффузии этих элементов возрастали на три порядка, благодаря преобладанию диффузии по границам зерен и вдоль поверхности кристаллов. Внутри зерен диффузия протекает гораздо медленнее.

Естественно, что серебро при тепловом воздействии, как правило, выносится вместе с другими примесями за пределы золотинок и проба их повышается. Чем сильнее и длительнее прогревание, тем более широкая зона по краю золотинок очистится от серебра и примесей (см. рис. 18). В центре зерна остается более серебристое пятно с расплывчатыми границами. При значительном метаморфизме заметная часть серебра оказывается вынесенной из всего объема золотинки и проба ее равномерно повышается. Серебро при этом может переместиться по породе от золотинки на различные расстояния, а может образовать на ее поверхности регенерационную кайму. Очищаясь от примесей, золотинки испытывают перекристаллизацию. Изменяется не только состав и структура, но, особенно у мелких частиц, и форма. Неправильные выделения преобразуются в кристаллы.

До последнего времени оставалась полностью неосвещенными зависимость характера преобразований от особенностей самих золотинок и

Рис. 24. Реликты золота (белое) в более позднем высокосеребристом золоте (серое). Полированный срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 90

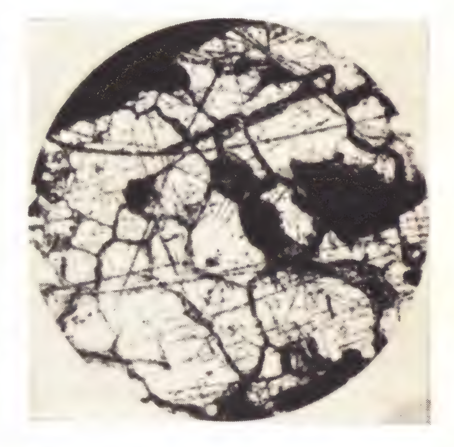


Рис. 25. Полиэдрическизернистая структура золотинки с признаками дезинтеграции. Промежутки между зернами выполнены прожилками низкопробного золота. Полированный срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 450

многократности тепловых воздействий. Для выяснения этих вопросов золотинки, различающиеся по крупности, внутреннему строению и составу, нагревались нами при давлении до 1000 бар до температуры, близкой к наиболее горячим гидротермам. Затем те же золотинки нагревались до 500 °С при нормальном давлении в воздушной среде. Установлено, что наибольшие изменения претерпели мелкие (менее 1 мм) одно- и двумерные неоднородные частицы – тонкие пластинки, проволочные отростки. Для эксперимента были выбраны золотинки в разной степени преобразованные. Это определялось по степени развития в них участков рекри-

сталлизации – новообразованных мелких зерен и мелкозернистых агрегатов на фоне более крупных первичных зерен.

Самые слабые изменения претерпели золотинки с однородным распределением серебра и без признаков предшествующих преобразований. Исключение составляло низкопробное золото с зонами роста в зернах. По-видимому, неустойчивая структура таких выделений обусловила достаточно интенсивные преобразования – распад зон на фрагменты, полную утрату зональности, появление зон, не связанных с кристаллографическими направлениями.

На месте зональных структур развиваются также мелкозернистые участки с зернами в форме выпуклых многоугольников – полиэдров. Это один из типов рекристаллизационной зернистости (рис. 25). Другой тип характеризуется неправильными многоугольными формами и обилием обрывающихся двойников (см. рис. 22).

В незначительно измененных золотинках при нагревании произошла собирательная рекристаллизация, приведшая к некоторому увеличению размеров рекристаллизованных зерен. Вне прежних участков рекристаллизации возникли новые зародышевые разрозненные рекристаллизованные зерна.

В умеренно измененных золотинках укрупнение ранее возникших рекристаллизованных зерен было более резким: появились новые участки рекристаллизации.

Наконец, в интенсивно преобразованном золоте при нагревании собирательная рекристаллизация играла незначительную роль и сопровождалась изменением формы неправильных угловатых мелких зерен, принявших более устойчивые полиэдрические очертания. Преобладали признаки начальной дезинтеграции и расползания мелкозернистых агрегатов – между зернами образовались широкие, глубоко протравливающиеся царской водкой, границы. Часть зерен также приобрела полиэдрическую форму. На срезе золотинок они имели вид выпуклых многоугольников.

Дезинтеграция выделений самородного золота, как было сказано, происходит при более высоких температурах, чем укрупнение. Можно предположить, что при одинаковых условиях, как в нашем опыте, неизмененные золотинки не распадались на зерна, а сильно преобразованные испытывали дезинтеграцию потому, что их внутренняя структура была деформирована.

Повторное нагревание привело к более глубокой перекристаллизации преобразованного золота. Показателем многократных изменений явились полиэдрически зернистые структуры и признаки начальной дезинтеграции новообразованных мелкозернистых агрегатов (см. рис. 25).

Перенесение опытных данных на природные процессы является в значительной мере формальным, так как не учитывает многих обстоятельств, и в том числе такое, как геологическое время. За десятки и сотни миллионов лет могли произойти изменения, которые нельзя проследить на протяжении короткого человеческого века. Однако изучение в золоторудных месторождениях золотинок, находящихся вместе с

другими минералами как несущими признаки внутрирудного и послерудного метаморфизма, так и лишенными их, подтвердило значение выявленных признаков в качестве показателей преобразований золотинок.

Двойниковое строение золотин более обычно для руд с признаками метаморфизма, чем для неизмененных, и особенно в участках механически нарушенных пород. Сложные двойники типичны для золотин из сильно трещиноватых руд, как и зоны линий трансляций (линий скольжения).

Рекристаллизация золота с образованием угловатых неправильных мелких зерен отмечалась в участках теплового воздействия и в местах интенсивной трещиноватости пород без признаков их прогревания.

Нельзя забывать и просто о естественном старении золотинок – на глазах человека меняются искусственные сплавы, а необозримое геологическое время не может не наложить отпечаток на самородный металл.

К сожалению, влияние этой причины на особенности золотинок изучено совсем мало. Ведь сравнивать разновозрастное золото можно только в месторождениях, формировавшихся в одинаковых физических и химических условиях и претерпевших одинаковые внутри- и послерудные преобразования. А это очень трудно, так как большая часть молодых (в геологическом понимании) руд образовалась в иных условиях, чем древнее оруденение.

Замечено, что наиболее трудно поддаются выявлению и расшифровке признаки метаморфизма и неоднократного отложения золота в более древних месторождениях. Самые древние из изученных нами золотинок (возраст 1,8 – 2,2 млрд лет) имели признаки перекристаллизации – преимущественно кристаллическое строение, обилие округленных кристаллов, высокую пробу и малый ее разброс, однородное распределение серебра.

Но даже для наиболее древних золотинок полная однородность не обязательна. В высокосеребристом древнем золоте в отдельных случаях обнаружены слабые, едва уловимые признаки неоднородности – следы зон роста, пятнистость и закономерно ориентированные эмульсионные включения более высокопробного золота. Более обычны слабо выраженные обедненные серебром (на 0,5 – 1 % по сравнению с ядром зерна) внешние зоны золотинок.

При прочих равных условиях, чем древнее самородное золото, тем менее контрастны в нем структуры преобразований, более однородны внутреннее строение и состав.

Линии скольжения не встречались в зернах золотин, которые, по геологическим данным, не испытывали в глубинных условиях динамических воздействий на протяжении последних 220–240 млн. лет.

Имеются сведения о преимущественно высокой пробе золота в древних месторождениях, но в архейских провинциях (возраст более 2,5 млрд. лет) она колеблется от 700 до 990. Можно предположить, что наиболее высокопробное древнее золото преобразовано – метаморфизовано или регенерировано. Об этом, в частности, свидетельствует укрупнение золота, вкрапленного в древние породы, при их метаморфизме.

В месторождениях, имеющих возраст приблизительно от 1 до 2,5 млрд. лет, встречено золото пробы 250–995, хотя в целом также преобладают высокопробные золотинки.

В месторождениях возраста от 1 до 240 млн. лет проба основной массы золотинок варьирует от 750 до 950. При этом проба 750–790, как правило, присуща золоту неизмененному, выделявшемуся в месторождениях последним из разновозрастных золотинок. В целом в месторождениях этого возраста преобладает золото пробы выше 800.

В тех же пределах изменяется проба и в ряде более молодых месторождений. Однако, уже с возраста порядка 220 млн. лет и особенно в более молодых месторождениях преимущественным распространением пользуется золото пробы ниже 750 и 700. Есть целые провинции, характеризующиеся широким распространением высокосеребристого (400–600) золота. Таким образом, существует тенденция к понижению пробы золота от месторождений, возраст которых составляет около 1 миллиарда лет, к более молодым.

При сопоставлении особенностей золотинок из метаморфизованных и неизмененных руд замечено, что наблюдается целый ряд одинаковых преобразований в участках гидротермальной проработки руд и в контактовых ореолах магматических тел. Это понятно, так как в обоих случаях золотинки подвергаются воздействию повышенных температур.

Каким же образом они могут сообщить о той обстановке, в какой формировались руды? Это мы узнаем позднее, а пока посмотрим, что происходит с золотинками, если природные процессы выведут их из земных глубин на поверхность.



Глава II

Новая жизнь на земной поверхности

Далеко не все золотинки после активного периода жизни оканчивают ее на глубинах, постепенно изменяясь в процессе естественного старения. За миллионы лет толщи пород с заключенными в них рудными телами и рассеянной золотой минерализацией могли испытывать постепенное воздымание. Перекрывающие их пласты выступали на дневную поверхность, постепенно разрушались и обломки их уносились водой и ветром. Верхние горизонты рудных тел вскрывались.

Из эндогенных, глубинных условий они попадают в гипергенные, поверхностные. Здесь к золотинкам сперва просачивается вода, богатая кислородом и углекислотой. Она растворяет некоторые из минералов, в первую очередь сульфиды, часто содержащие золото, и насыщается различными элементами этих минералов – серой, мышьяком, хлором. Это уже не обычная вода, а активный химический реагент и электролит, способный переводить в раствор мельчайшие золотинки и выщелачивать с поверхности более крупных не только примеси, но и само золото.

Растворы проникают по порам и трещинкам в руды, вступают во взаимодействие с минералами и не однажды меняют свой состав.

Они могут быть и кислотными, и щелочными, и более концентрированными и разбавленными, могут терять и обретать отдельные элементы.

В зависимости от режима кислорода и серы изменяется и окислительно-восстановительная обстановка. Все это приводит к тому, что воды, просачивающиеся в верхние горизонты рудных тел или к рассеянным в породах минералам, содержащим золото, способны растворять и переносить золото. При этом многократно могут возникать условия, когда золото может перейти в раствор и удаляться с ним от

места своего рождения и когда растворы оказываются пересыщенными золотом. В последнем случае золото выпадает в осадок, образуя золотинки. Они называются гипергенными, рожденными на поверхности.

Верхние слои земной коры, лежащие выше и несколько ниже уровня грунтовых вод, получили название зоны выветривания, а физические и химические преобразования пород в ее пределах – процессов выветривания. Они связаны с тем, что свойства горных пород и минералов, возникших в земных глубинах, не приспособлены к атмосферной и водной среде, с которой они вошли в соприкосновение в приповерхностных условиях. Неустойчивые в новой обстановке минералы преобразуются. По трещинкам в них проникает вода, растворяя часть минерального вещества; в морозное время она замерзает, и ледяные клинья разрывают на куски каменные глыбы и зернышки минералов. Чередование жары и холода ускоряет физическое разрушение пород. При химическом выветривании возникают новые минералы, а устойчивые к химическим воздействиям минералы, такие как кварц, сохраняют свой состав. Толщи пород, измененные процессами химического выветривания, образуют коры выветривания. Верхняя часть месторождений или отдельных рудных тел, расположенная в коре выветривания выше уровня грунтовых вод, относится к зоне окисления.

Изменяются и золотинки, рассеянные в толще пород. Ведь золото не всегда образует месторождения или рудопроявления (непромышленные концентрации). Оно в ничтожных количествах рассредоточено во всех породах земной коры, а на отдельных площадях образует более высокие содержания – на один-два порядка превышающие обычные (фоновые) концентрации этого элемента. В таких случаях коры выветривания будут золотоносными. Очевидно, что зоны окисления – это частный случай золотоносных кор выветривания.

Итак, в поверхностных условиях изменяется золото из золотоносных кор выветривания и зон окисления месторождений. Претерпевают преобразования и золотинки, уцелевшие от растворения, но извлеченные из руд и пород процессами выветривания и эрозии и рассеянные или, напротив, сконцентрированные на разных расстояниях от места своего рождения – коренного источника. Скопления таких золотинок образуют золотоносные россыпи.

В зонах окисления встречаются золотинки разного происхождения. В первую очередь, это золото остаточное. По всем основным признакам оно не отличается от самородного золота из первичных, неокисленных руд и лишь в той или иной степени изменено в поверхностных условиях. Во-вторых, наблюдается золото гипергенное или вторичное, образовавшееся уже в поверхностных условиях. Оно отлагалось из растворов, циркулирующих в зоне окисления.

Каждый тип золота несет несомненные следы своего происхождения.

БЛАГОРОДНОЕ, НО УЯЗВИМОЕ

Золото – благородный металл ; следовательно оно должно быть химически достаточно инертно.

Но мы уже видели, что самородное золото – неоднородный по размерам, составу и строению минерал, отнюдь не такой устойчивый к различного рода воздействиям как сплавы химически чистого золота.

Это обусловлено и мелкими размерами части золотинок, и наличием примесей, и пластическими деформациями, ускоряющими перекристаллизацию, способствуя более быстрому протеканию химических реакций.

В поверхностных условиях происходит растворение поверхности остаточных золотинок. Достаточно крупные выделения все-таки сохраняют все или некоторые первичные признаки родства, а мельчайшие частицы иногда полностью переходят в раствор. Даже, если золото снова выпадает в виде самородного металла, оно теряет все следы своего происхождения.

КОГДА КОРРОЗИЯ ДЕЛАЕТ МЕТАЛЛ ЛУЧШЕ?

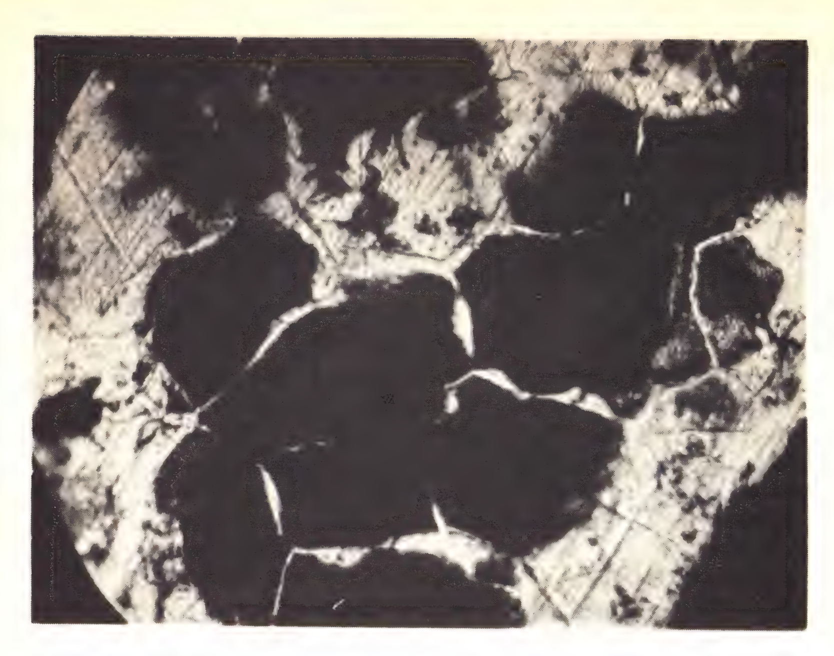
Хорошо известно, какие убытки приносит человечеству коррозия металлов. В обыденной жизни мы, видим как быстро ржавчина разъедает трубы, разрушает кровельное железо, изъязвляет механизмы и конструкции.

Самородное золото, находящееся вблизи земной поверхности, хотя и значительно медленнее, чем сплавы железа, но также подвергается коррозии. Кроме того, самородное золото изменяется и за счет возникновения в его зернистых агрегатах так называемых межзерновых прожилков. Однако поверхностные преобразования не только не портят золотинки, но, напротив, повышают их ценность.

Чем вызван этот парадокс?

К изменениям остаточного золота в зонах окисления обычно относят только растворение и сглаживание выступов поверхности золотинок и развитие межзерновых прожилков. Выступы сглаживаются и благодаря процессу растворения и отчасти из-за трения о твердые частицы при проседании золотинки через ставшую менее плотной окисленную руду. В омывающих золотинки растворах содержатся мельчайшие взвешенные частицы минералов, слабо, но неустанно шлифующих острые выступы.

Межзерновые высокопробные прожилки возникают в зернистых агрегатах самородного золота во время пребывания его в зонах окисления (рис. 26). Резкими границами они отделяются от зерен, слагающих золотинки, и отличаются весьма высокой – 950–998 – пробой, не зависящей от пробы первичных зерен. Проба золота межзерновых прожилков изменяется в одних и тех же пределах и у высокосеребристого и у исключительно высокопробного золота.



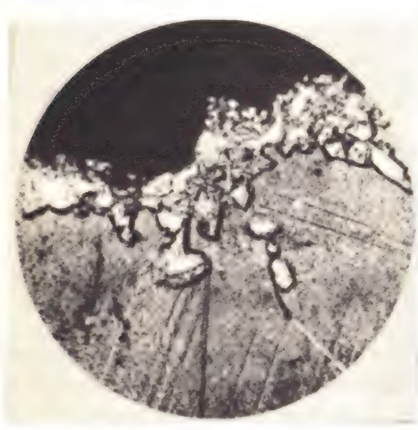


Рис. 26. Межзерновые высокопробные прожилки в золотине из зоны окисления. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 700

Рис. 27. Мелкозернистая коррозионная высокопробная оболочка на золотинке из россыпи. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 250

По-видимому, процесс разрастания межзерновых прожилков протекает чрезвычайно медленно, поэтому интенсивные его проявления и наблюдались только у золотинок, длительное время находившихся в поверхностных условиях. Вынос серебра происходил за счет диффузии его из двух примыкающих друг к другу зерен по их границе или вдоль поверхности кристаллов. Диффузия содержавшихся в золотинах газов и последующий их вынос ускоряли этот процесс, способствуя расширению межзерновых полостей.

Наибольшее разрастание высокопробных прожилков отмечено у зо-

лотин, испытавших рекристаллизацию и имеющих полиэдрически-зернистую структуру. Это связано с тем, что большая площадь поверхности зерен облегчает вынос серебра за пределы золотин. Кроме того, вновь образованные мелкозернистые агрегаты нередко претерпевали, особенно при повторных метаморфических воздействиях, частичную дезинтеграцию, облегчавшую в дальнейшем, в зоне окисления, удаление серебра из золотинок.

Второй вид изменений самородного золота в поверхностных условиях – коррозия. Она, как и в железных сплавах, разъедает металл, образуя на его поверхности оболочку. Впервые коррозионные оболочки были обнаружены Р. Макконелом и долго считались общей особенностью золота из россыпей. Позднее зародышевые участки высокопробного золота были обнаружены у золота из зоны окисления. Границы оболочки с неизменным золотом коррозионные – измененный слой как бы вгрызается в ядро золотинки (рис. 27). Однако коррозионная оболочка, в отличие от железной ржавчины, имеет высокую ценность – она сложена весьма высокопробным золотом.

Внешние границы оболочки совпадают с поверхностью остаточной золотины, а внутренние – фестончатые, с округленными или зубчатыми, напоминающими очертания кристаллов, выступами. Такие же высокопробные оболочки окружают гидроксиды железа, которые образовались за счет разложения сульфидов железа. На срезах золотин эти оболочки выглядят как яркие венчики цветов с темной сердцевиной, сложенной гидроксидами железа, на фоне более светлого золота.

Дальнейшие наблюдения показали, что образование коррозионных оболочек, как и межзерновых прожилков, начинается в корах выветривания и зонах окисления и продолжается в россыпях.

Гипотеза М.С. Фишера о возникновении высокопробных оболочек в результате электрохимической коррозии в последние годы подверглась критике. Некоторые исследователи вернулись к предположению, выдвинутому Р. Макконнелом, об образовании высокопробного слоя при выщелачивании серебра из приповерхностных частей золотин. Н.В. Петровская рассматривает формирование оболочки как результат перекристаллизации, развивающейся в тончайших приповерхностных слоях золотин. Вынос серебра только ускорял изменение структур этих слоев за счет возникновения дефектов кристаллической решетки золота и в связи с напряжениями, которые возникли из-за появления вакантных, не занятых атомами серебра, позиций. Однако, можно думать, что механизм образования оболочек значительно сложнее и связан с одновременным влиянием нескольких процессов.

Несомненно, в формировании коррозионных оболочек играет роль вынос серебра в процессе диффузии его атомов. О перераспределении серебра нам говорят зоны промежуточного состава между оболочкой и ядром золотинки. В этих зонах проба ниже, чем у коррозионного слоя, но выше, чем в центральной части золотинки.

Влияние электрохимических факторов сказывается в увеличении толщины оболочек около окисленных сульфидов, где по границам разных минералов в просачивающихся растворах могли возникать природные микрогальванические токи. В растворах, омывающих минералы, присутствуют заряженные частицы различных элементов, поэтому всегда имеются электролиты. Об удалении серебра путем его выщелачивания говорят пористые структуры высокопробных оболочек. Роль процесса перекристаллизации видна из прямых наблюдений различий внутреннего строения первичных зерен остаточного золота и возникшей оболочки.

Если бы формирование коррозионной оболочки происходило только за счет электрохимической коррозии, слой высокопробного золота, отлагавшегося на поверхности золотин, на определенной стадии воспрепятствовал бы дальнейшему протеканию процесса. На практике же нередко коррозия нацело преобразует даже крупные золотинки.

Перекристаллизация приповерхностного слоя остаточных золотин, сопровождающаяся выносом серебра, обычно протекает слабо в зонах окисления месторождений с малым количеством сульфидов. Из-за малой активности циркулирующих растворов образуется тончайшая (0,001, редко 0,002 мм), часто прерывистая или зародышевая "точечная" оболочка, загрязненная гидроксидами железа. Она придает матовый блеск поверхности золотин.

Известно, что серебро способно растворяться, давая в различных средах большой набор комплексов (хлоридных, сульфидных, сульфатных), что приводит к преимущественному выносу его при растворении самородного золота в поверхностных условиях. Поэтому даже в рудах с очень незначительными содержаниями сульфидов в ограниченных участках создаются условия, благоприятные для выщелачивания серебра из золотин – обычно по контактам легко растворимого низкопробного и высокосеребристого золота с окисленными сульфидами и особенно – с агрегатами рудных, содержащих металлы, минералов различного состава. В таких местах активно протекают электрохимические процессы. Здесь отмечены резкие (0,01–0,03 мм, иногда до 0,1 мм) раздувы коррозионных оболочек. Часть пор и каналов в них бывает заполнена гидроксидами железа. На некоторых месторождениях с высокосеребристым золотом в отдельных случаях коррозионные оболочки занимали 80–90 % площади среза золотин.

Естественно, что повышение пробы за счет развития межзерновых прожилков и коррозионных оболочек повышает промышленную ценность золота. Ведь проба оболочек изменяется от 940 до 999,5 и, как и у межзерновых прожилков, не зависит от пробы остаточного золота.

Это, пожалуй, единственный случай, когда коррозия делает металл лучше.

ВТОРОЕ РОЖДЕНИЕ

Обязательно ли в зонах окисления тонкодисперсные золотинки, особенно мельчайшие, коллоиднодисперсные выделения подвергаются полному растворению?

Это зависит от состава вод, просачивающихся с поверхности и мигрирующих на разных горизонтах зоны окисления. Зависит и от того, в какую среду и насколько надежно заключены золотинки.

Те или иные благоприятные для растворения мельчайших золотинок условия возникают в разных климатических зонах в корах выветривания пород и руд различного состава. Золото образует не только истинные, но и коллоидные растворы, причем защитную роль в них играет кремнезем, задерживая выпадение золота в осадок.

Но все-таки наиболее часто в раствор переходит золото, заключенное в сульфиды или входящее в состав теллуридов – соединений золота с теллуром и другими элементами, реже селенидов.

Чем больше в руде сульфидов, тем химически агрессивнее растворы, действующие на золото. Чем больше в сульфидах тонкодисперсного золота, тем сильнее насыщается им раствор.

Но наряду с многочисленными реагентами, растворяющими золото, в зоне окисления присутствует и множество так называемых геохимических барьеров – участков, где резко изменяются физико-химические условия и уменьшается способность золота находиться в растворенном состоянии. Такие барьеры могут иметь различную емкость. Несколько более крупных золотинок вызовут осаждение на них мельчайших крупинок или тонкой пленочки золота. А зона углеродсодержащих пород способна восстановить из растворов значительную часть золота. Новый приток растворителя – и снова золото может перейти в раствор и мигрировать в нем до следующего барьера.

Самородное золото, выделившееся из растворов, циркулирующих в зоне окисления, совсем другое, чем было в рудах. У него иные размеры и формы золотинок, специфические состав и внутреннее строение (рис. 28). Этого и следовало ожидать от самородного золота, образованного в совершенно особых условиях. Золотинка, повторно родившаяся в зоне окисления, так и называется вторичным золотом. Но родиться заново золотинки способны не только в зоне окисления, где еще можно установить материнскую связь остаточного и вторичного золота с рудой. Золотоносные растворы пропитывают и пласты россыпей, содержащие крупицы остаточного золота (в россыпях его называют уже россыпным). Содержания золота в растворах обычно ничтожны и нового зарождения золотинок не происходит. Однако в отдельных местах создаются условия, способствующие повторному рождению золота. В отличие от вторичного его нарекли "новым". Оно появляется при большем насыщении золотом растворов, циркулирующих в россыпях, например, при пересечении долиной пород, содержащих сульфиды с тонкодисперсным золотом. Вторым условием служит наличие геохимического барьера, вы-

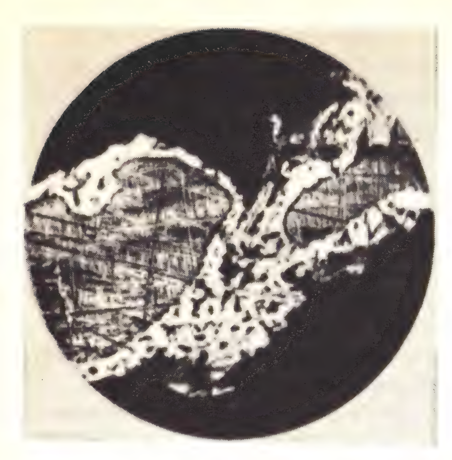


Рис. 28. Колломорфные наросты высокопробного вторичного золота (белое) на поверхности низкопробных золотинок (серое) из зоны окисления. Полированный срез золотинок, не подвергнутый травлению. Увел. 350

зывающего выпадение из растворов. Барьером нередко является плотик – коренные породы, подстилающие россыпи, – сложенный известняками или углистыми сланцами. "Новое" золото в таких участках охотно осаждается на поверхности остаточных золотин, иногда скрепляя их друг с другом как цемент.

Таким образом, и в зонах окисления, и в россыпях встречается как остаточное, так и гипергенное, вторичное или "новое" золото.

Но прежде чем попасть в россыпь, золотинка должна покинуть рудное тело и переместиться от места, где она образовалась, под действием силы тяжести, увлекаемая оползнями или водными потоками.

ПУТЕШЕСТВИЕ ЗОЛОТИНОК

Насыщенная кислородом вода, раздвигающая трещинки пород, окисляющая и выщелачивающая минералы, сросшиеся с самородным золотом; перепады температуры, "расшатывающие" структуру породы; лед, разрывающий и раскалывающий камни, когда вода застывает в их трещинах – все это частично или полностью высвобождает золотинки в зоне окисления из каменного плена, делает их способными к передвижению. В зависимости от состава руд, первоначальных размеров и формы золотинок, от климатических условий освобождение наступит раньше или позже, а золотинка окажется лишенной посторонних включений или будет содержать обломки других минералов.

Труднее всего высвобождаются золотинки сложной формы – ячеистой, петельчатой, губчатой, а также пластинчатые и кристаллические каркасы и частицы с неправильными отростками. Из минералов, чаще всего находящихся в срастании с самородным золотом, наиболее прочно соединен с ним кварц. Трудно растворимый в поверхностных условиях, он способен разрушаться только по границам зерен и трещинкам дробления. Многие другие минералы – карбонаты, галенит (сульфид свинца), –

помимо того, что в зоне гипергенеза легко растворяются или разлагаются, отличаются меньшей твердостью и обладают спайностью, благодаря чему раскалываются на кусочки по определенным направлениям. Это облегчает высвобождение золотинок, особенно расположенных по трещинкам спайности, куда при формировании руд легче проникали рудоносные растворы, отлагающие золото.

Сравнительно легко золотинки сбрасывают с себя пирит, хотя и лишенный спайности, но уязвимый для процесса окисления. Правда, минералы группы гётита – гидрогётита, возникшие при изменении пирита, часто сохраняются в углублениях поверхности золотинок и как бы расползаются оттуда на соседние участки, образуя темно-коричневые или красно-бурые пленки-рубашки. Освобожденная поверхность золотинок сохраняет отпечатки минералов: углубления правильной формы, оставленные кристаллами (пирита, кварца и др.), тончайшую штриховку спайности (карбонатов, галенита), игольчатые штрихи (результат соседства с минералами группы амфиболов), неправильные вмятины от неправильных обломков кварца и другие достаточно характерные следы. По ним можно судить, в какие минералы были заключены золотинки в рудах.

Итак, золотинки обособились от вмещающей среды и готовы двинуться в путь.

Последуем за ними.

В ПУТИ

Дальнейшая жизнь золотинок зависит от очень многих причин. Чаще – закономерно, реже – случайно они образуют единое целое, которое и определяет условия, воздействующие на золотинку и определяющие ее будущее.

Представьте себе, что верхняя часть жилы выходит на поверхность на выровненной площадке, без заметных уклонов. Породы, рассеченные трещиной, вмещающей жилу – плотные песчаники или слоистые глинистые сланцы. Ливневые дожди в этом краю редки, и потоки воды не могут увлечь крупные обломки пород и золотинки к склону, спускающемуся в долину. Вода и ветер унесут какую-то часть песка и дресвы, превратят постепенно часть полевых шпатов и слюд, входящих в состав пород, в глину, размельчат куски кварца, песчаника и сланцев.

Золотинки могут остаться практически на прежнем месте. Если в верхней части рудного тела их было много, возникнет элювиальная россыпь, сложенная неперемещенным материалом. Когда рудное тело залегает в легко растворимых известняках, вода может промыть в них карстовые полости, куда, как в ловушки, просядет или обвалится со склона неизмененная или уже окисленная руда вместе с золотом, остаточным и (если оно образовалось) вторичным. Появится карстовая россыпь.

Если рудное тело выходит на дневную поверхность на склоне или вблизи него, золотинки вместе с обломками руды и породы перемещаются вниз. При достаточной концентрации золота могут возникнуть

склоновые (иначе – делювиальные) россыпи. Золото накапливается на пути движения обломочной массы, сползающей под действием силы тяжести и смываемой водными потоками, потому что у него более высокая плотность, чем у других минералов и пород. Необходимы большие усилия, чтобы его переместить. Легкие кусочки кварца, полевых шпатов, слюд и пород, в значительной мере сложенных этими минералами, вымываются, скатываются и уносятся дальше. Золотинки отстают в своем движении. По пути они ударяются о подстилающие породы, испытывают удары проносящихся мимо твердых частиц и теряют включения вмещающих минералов, становясь еще тяжелее.

В зависимости от таяния ледников или снегов, дебита водных артерий, от величины уклона долин, крупности золотинок и присутствия в них посторонних минералов наши путешественницы или останутся на склоне в делювии или попадут в ложок, а, возможно, и в реку. При благоприятных условиях золотинки могут образовать ложко́вую, переходную от склоновой к речной, или речную (аллювиальную) россыпь. Может случиться и так, что рудные тела обрушат свой ценный груз в море или река донесет до него золотинки, и недалеко от берега возникнет пляжевая или шельфовая россыпь.

Но любая россыпь – не сплошной ручеек осевших на дно золотинок. Это золотоносный пласт, сложенный обломками породы и минералами – песчано-глинистым материалом с галькой, дресвой, часто с валунами, иногда – щебнем, обломками окисленных сульфидов. Пласты различаются по толщине (мощности) и ширине, протягиваются на различные расстояния, могут прерываться, разделяться как бы на ряд струй, могут расслаиваться на горизонты, разделенные незолотоносной обломочной породой. В таких пластах рассеяны частицы золота. Они образуют богатые скопления и бедные участки, различные по мощности, протяженности, конфигурации, по характеру золота. Пустые рыхлые отложения, перекрывающие золотоносные пласты, называют торфами, коренные породы, подстилающие пласты – плотиком, а рыхлые незолотоносные породы, лежащие под пластом, – ложным плотиком. Сам золотоносный пласт обычно именуют песками, независимо от его состава. В разных районах и разных реках и даже в долине одной реки, но в различных участках и на разных уровнях от днища золотоносные пласты могут различаться по многим признакам, в том числе и по характеру обломочного материала и самородного золота.

Когда бурные паводки начинают перемывать пласт, подхватывая все, что по силам, и унося дальше, крупные обломки пород ударяют по золотинкам, мелкие песчинки обдирают и шлифуют их поверхность, а спрессованная глина удерживает золотинки на дне или на поверхности валунов, обволакивает их, предохраняя от грубых царапин и смягчая удары.

При своем развитии реки врезаются в днища долин, оставляя на склонах выровненные участки – террасы с золотоносыми пластами, и формируют пласты в руслах. На террасах пласты могут сохраниться

или быть в той или иной степени размыты и переотложены. Золотинки в таких случаях оказываются перемещенными на более низкий уровень.

И, конечно, пропиливая коренные породы, речной поток может вскрыть новые рудные тела с золотом, разрушить их и увлечь золотинки с собой. Если уклон долины невелик или плотик разбит трещинками, образующими ребристый трафарет, "щетку", золотинки часто задерживаются в нем и остаются вблизи от места, где их подхватил поток. Но при другом характере плотика золотинки способны перемещаться на значительные расстояния, измеряемые километрами.

До нового врезания реки, связанного с движениями крупных блоков земной коры, а в современных русловых отложениях – в период между сильными паводками, золотинки лежат в пласте. Мимо них, смачивая поверхность, циркулируют растворы, обычно более разбавленные и химически менее агрессивные, чем в зоне окисления. Ведь рудные минералы, содержащие многие растворенные в воде элементы, уже преобразованы в поверхностных условиях, а оставшиеся рассеяны в обломочном материале. Но зато циркуляция воды в россыпях намного интенсивнее.

В породах плотика и в обломочном материале могут присутствовать вкрапленные сульфиды, преимущественно пирит. Их плотность меньше чем у золота, но в несколько раз превышает плотность кварца и пород. Поэтому сульфиды также скапливаются в россыпях, обычно в непосредственной близости от золотинок. При окислении сульфидов, в основном пирита, как и в зонах окисления, образуются местные концентрации серной кислоты и сульфата железа, взаимодействующие с золотинками. Растворяются и другие минералы, поставляя в воды целый ряд элементов. Пребывая в растворе в виде простых и комплексных ионов, они превращают его в электролит, что способствует возникновению микрогальванических токов по контактам самородного золота с рудными минералами.

Таким образом, с самого начала путешествия золотинки испытывают многочисленные воздействия – и механические, и химические, и электрохимические. И, конечно, они не проходят бесследно: золотинки изменяются и внешне и внутренне.

ОБЛИК МЕНЯЕТСЯ

Оставаясь на месте своего рождения и только слегка проседая вниз, золотинки в элювиальной россыпи внешне почти не изменяются. Слегка сминаются или изгибаются тонкие отростки. Могут немного притупиться и сгладиться острые окончания выступов и ответвлений, торцы пластинок, ребра и вершины кристаллов. Еще в зоне окисления слегка растворяется поверхность. При опускании в карстовые полости обмятие, оставаясь все еще слабым, проявляется более отчетливо.

Чтобы попасть в россыпи других типов (склоновые, речные), золотинки должны испытывать не только вертикальное, но и горизонтальное



Рис. 29. Перегибы тонкой пластинчатой золотинки из россыпи. Увел. 20

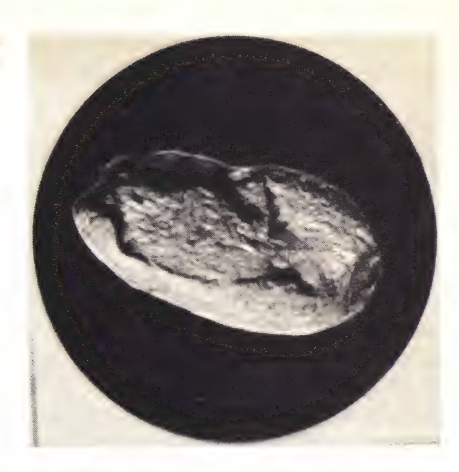
перемещение. Этот процесс можно моделировать на промывочном приборе. Частицы самородного золота вначале энергично увлекаются вниз вместе с массой обломков. Они сперва как бы взвешены в пульпе, но постепенно, по мере вымывания глины, скрепляющей песчано-глинистую, галечную или щебнистую массу, золотинки проседают. При этом они часто переворачиваются, как будто кувыркаясь, катятся с горы. Скользя над ними, обломки задевают золотинки, ударяют их, перекатываются, шлифуют и царапают поверхность. Частицы пород, увлекая с собой золотинки, подталкивая и обгоняя, заставляют их волочиться по твердому дну, сдирающему с нижней поверхности золотин тонкие чешуйки. Вероятно поэтому обращенная вниз поверхность хорошо окатанных золотых песчинок и галек бывает плоской, сравнительно ровной, а верхняя — нередко выпуклой и менее ровной, хотя в целом форма окатанных частиц зависит от их первичной конфигурации.

Когда количество обломочной массы уменьшается, хорошо видно, как под напором стремительно несущейся воды и песчинок, скапливающихся около золотинок (особенно, если они имеют удлиненные формы), частицы золота разворачиваются по течению подобно лодкам, а затем устремляются вперед, вниз. Они передвигаются скачками; или ползут, не отрываясь от дна; или, наконец, катятся, оправдывая название процесса, всего сильнее изменяющего облик золотинок в россыпях — окатывание.

Наряду с этим, при движении золотинок происходит их частичное истирание и уплощение, хотя изначально изометричные округленные кристаллы могут равномерно истираться со всех сторон, сохраняя до конца пути шаровидную форму.

Окатанные и уплощенные золотинки способны опять перемещаться, вовлекаться в новую миграцию. Механические деформации, полученные окатанными золотинками, называют последующими (следующими за окатыванием). Они многообразны — изгибы, кручение, наклеп, разрыв. Внешние признаки последующих деформаций — скручивание тонких

Рис. 30. Наклепы и штриховка на поверхности мелких самородков из россыпи. Увел. 3





отростков, проволоковидных и лентовидных золотин, загибы краев пластинок и перегибы целых золотин, разрывы их сплошности, параллельная штриховка на поверхности, наклепы на краях и в центре золотин (рис. 29, 30).

Золотинки с тонкими отростками скоро утратят их в результате обмятия или за счет отрыва. Дендриты с несросшимися ветвями долго будут иметь древовидный облик, а дендриты в форме сплошных сложных кружевных узоров гораздо быстрее станут безличными ровными пластинками. Важны и размеры золотинок. У крупных быстро обминаются отростки и окатываются массивные выступы, но зато в углублениях долго сохраняются неизмененные участки поверхности и включения других минералов.

Вероятно, определенную защитную роль играют глинистые минералы, в которых застревают мелкие крупинки золота. Да и в процессе переноса эти крошки летят в водном потоке, не отставая от обломочной массы, а вместе с ней.

Для того, чтобы сравнивать степень окатанности золотинок, предложены различные градации. Наиболее часто используются пяти- и шестибалльная системы оценок.

При совершенной (идеальной) окатанности золотинки утрачивают все признаки первоначальной формы. И изометричные кристаллы, и их двойниковые сростки, и комковидные зерна и губчатые каркасы – все превращаются в шарики, дробинки, золотые капельки.

Прожилки, дендриты, уплощенные кристаллы становятся табличками и пластинками различной толщины и разных очертаний в плане – овальных, грушевидных, круглых. Но даже такие, казалось бы обезличенные, частицы обнаруживают большое разнообразие внутренней структуры и состава. Это обусловлено не только изначальными различиями золотинок, поступавших в россыпи, но и характером преобразований. Лежат ли золотинки в пласте или перемещаются вместе с обломочным материалом, но они неуклонно, медленно или быстрее (в геологическом, измеряемом тысячелетиями и миллионами лет, масштабе времени), изменяются.

ИСПЫТАНИЯ И ВОЗРАСТ ОБЛАГОРАЖИВАЮТ

В один и тот же золотоносный пласт попали две золотинки. Они образовались в рудах одного и того же типа, в одинаковых условиях, имели близкие первоначальные размеры, форму, состав и внутреннее строение. Но пути, приведшие их в речную россыпь, были различными. Одна золотинка высвободилась из руды совсем "недавно", может быть несколько десятков тысячелетий или тысяч лет тому назад, когда формировался пласт в русле современного потока. Вторая, вместе с обломками кварца, выкрошившимися из жилы, была снесена в долину той же реки за миллион лет до этого. Она находилась в пластах нескольких террас: по мере врезания реки и углубления долины вода размывала ее убежища и переоткладывала золотинку в золотоносный пласт, формировавшийся на более низком уступе – более молодой террасе. Не удалось задержаться золотинке и на последней , самой низкой террасе. Путь обеих золотинок различен. А вот степень окатанности почти одинаковая и внешне золотинки почти неразличимы, потому что "молодая" успела с паводковыми водами переместиться с верховьев реки в ее среднее течение, а "древняя" (возраст отсчитывается по времени поступления золотинок в россыпь), окаталась, переотлагаясь все ниже и ниже, хотя вдоль долины была снесена незначительно.

Если изучить внутреннее строение двух золотинок, кажущихся близнецами, откроется совершенно разная картина. "Молодая" золотинка бу-

дет иметь на поверхности относительно тонкую коррозионную оболочку, возможно даже не сплошную, а несколько прерывистую, с отдельными расширениями ("раздувами") около включений оксидов железа.

Напротив, "древняя" золотинка отличается широкой высокопробной коррозионной оболочкой с мощными раздувами. Мало того, иногда эта коррозионная кайма, имеющая пробу 940–960 и сложенная зернами, достигающими в поперечнике до 0,01 мм, сама подвергается коррозии. Образуется на ее внешней стороне еще более высокопробная каемка, представленная зернышками величиной в тысячные или десятитысячные доли миллиметра почти химически чистого золота (пробы 980–999).

Впервые предположение о том, что толщина высокопробной оболочки должна быть тем больше, чем древнее россыпное золото, было высказано А.П. Переляевым. Значительно позднее автору и С.В. Яблоковой удалось установить, что возникновение коррозионной оболочки на золотинах – процесс, требующий не только времени, но и определенных условий. Он протекает, когда золотинка находится в покое и ее поверхность взаимодействует с химически агрессивными растворами, контактирует с окисляющимися рудными минералами, короче говоря, в обстановке, способствующей химическим и электрохимическим преобразованиям золота. В это же время осуществляется и перекристаллизация золотинок, причем наиболее интенсивная именно в приповерхностных слоях, получивших при движении золотинок максимальные пластические деформации. В период покоя, когда перемещение частиц самородного золота прекращается, в более крупных первичных деформированных зернах возникают мелкие, с ненарушенной кристаллической структурой, получившие название рекристаллизованных. Это ускоряет вынос серебра за пределы золотин – как за счет диффузии по поверхности мелких зерен, так и путем проникновения по межзерновым границам растворов, выщелачивающих серебро. Чем дольше период покоя, тем, при прочих равных условиях, разовьется на золотинках более широкая высокопробная оболочка (рис. 31; см. рис. 27).

При переотложении золота на более низкий уровень или переносе его вниз по течению реки процесс формирования коррозионного слоя замедляется или прерывается. Золотинки испытывают новые механические воздействия и претерпевают пластические деформации. Иногда часть коррозионного слоя срезается как наждаком твердыми породами, и полная толщина оболочки сохраняется, только в углублениях поверхности золотин. Чаще оболочка уплотняется и в ее зернах позднее также проявляется рекристаллизация. Поскольку в коррозионном слое еще в небольшом количестве содержится серебро, то при наступлении нового длительного периода покоя возможно формирование повторной коррозионной оболочки, преобразующей первую.

Так со временем повышается проба россыпного золота. Насколько существенно такое облагораживание?

Для "молодого" золота оно или не играет роли или повышает его пробу на доли процента – первые проценты. Средняя проба "древнего" золота по сравнению с пробой неизмененных гипергенными процессами



Рис. 31. Мощная мелкозернистая коррозионная оболочка, „разъедающая" первичное золото. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 320

центральных частей золотин изменяется в широких пределах – от 10 до 100%. Такие вариации объясняются сочетанием многих обстоятельств. Повышение пробы будет менее значительным для первично высокопробных частиц. Коррозия быстрее разъедает более серебристое золото. Большую роль, как мы видели, играет время. Влияют климатические условия, определяющие перепады температур и водный режим на протяжении всего времени пребывания золотинок в россыпях. Очень важен состав минералов в пласте и в подстилающих его породах – от этого зависит химизм растворов, воздействующих на золото. В кислых средах ($pH < 5$) коррозия протекает сильнее, чем в слабо щелочных и нейтральных. Имеет значение размер золотинок – коррозионный слой толщиной 0,05 мм у крупной золотины размером 4 x 2 x 1 мм займет несколько более 10% ее объема, а у мелкой (0,5 x 0,5 x 0,2 мм) – свыше 50%. И чем больше интенсивность пластических деформаций, то есть степень активации золотин, тем скорее начнется процесс рекристаллизации, ускоряющий коррозию, тем больше возникнет центров новых зерен, меньше будут их размеры и энергичнее станет выноситься серебро. Следовательно, чем сильнее окатана золотина, чем больше получила она последующих деформаций, тем глубже проникает коррозия.

Необходимо вспомнить, что повышение пробы золотин происходит и за счет разрастания в "древнем" золоте межзерновых высокопробных прожилков. Доля их участия в облагораживании россыпного золота, как правило, менее значительна, чем высокопробной оболочки. Но в отдель-

ных случаях приходилось видеть, что на срезе золотин более 40% площади занято этими образованиями.

Множественность причин, влияющих на формирование высокопробного слоя и межзерновых прожилков, не позволяет использовать степень развития высокопробных гипергенных новообразований в золотинках в качестве универсального ретроспективного календаря, отсчитывающего время пребывания золота в россыпи.

Для каждого района, каждой россыпи и для отдельных типов самородного золота, поступавшего из различных коренных источников, средняя толщина коррозионного слоя у золотинок, в одно и то же время попавших в россыпь, будет отличаться.

Однако, измеряя толщину коррозионных оболочек у золотин определенного размера, состава и одинаково окатанных, удается установить для определенных золотоносных территорий, какое золото поступало в россыпь раньше и какое – позднее. А сопоставляя эти данные со сведениями, полученными при изучении геологической истории района и процесса формирования россыпей, можно достаточно точно (по геологическим меркам) определить и время поступления золота в россыпь.

Для менее точных построений достаточно различать золото "древнее" (старше 300 тысяч лет) и "молодое", поступившее в россыпь в более позднее время. У первого высокопробные новообразования занимают от 10 до 100% площади среза золотин, у вторых – менее 10%. Разумеется, надо стараться при таких наблюдениях, чтобы зерно было разрезано посередине и разрез проходил под прямым углом к его поверхности, иначе не будет видна истинная толщина оболочки.

Могут ли золотинки испытать глубокие преобразования, не перемещаясь в россыпь? Такие случаи нередки. В древних корах выветривания самородное золото, оставшееся на месте образования или немного сместившееся по склону от коренного источника, бывает в ряде случаев глубоко преобразованным. Его форма при этом сохраняется, но состав и структура выделений разительно изменяются. Наиболее сильно преобразуется золото, испытавшее в свое время метаморфизм в глубинных условиях. В распавшемся на полиэдрические зерна и особенно в дезинтегрированном зернистом агрегате происходит разрастание межзерновых высокопробных прожилков. Медленнее, чем в россыпях, так как кристаллическая структура не испытывает деформаций, но в конечном счете глубоко преобразует золотинки и коррозия.

В кайнозойских (0,7 –25 млн лет) и особенно в еще более древних, мезозойских, корах выветривания встречено почти лишенное серебра и других примесей золото.

Испытания и время облагораживают самородное золото, повышают его ценность.

В отличие от живых организмов золотинки не подвержены заболеваниям, а их "смерть" от растворения или истирания означает только временный переход в иную форму существования. Поэтому плата за облагораживание не представляется чрезмерной.

НЕИЗГЛАДИМЫЕ ВОСПОМИНАНИЯ

Память о жизни в земных глубинах сохраняют золотинки из первичных руд, остаточное и россыпное золото. Пока коррозия и межзерновые прожилки не исказят первичные состав и строение до неузнаваемости, даже небольшие реликты неизмененного золота могут рассказать о том, в каких условиях росли и менялись золотинки.

Воспоминания обо всех этапах жизни у земной поверхности сохраняются не всегда. Вспомним, как изменяются во времени золотинки, высвободившиеся из рудного тела. Однако для нас важны и те следы прошлого, пусть недавнего, которые еще можно заметить при наблюдениях.

Еще раз проследим путь золотинки от коренного источника до молодой россыпи в русле реки, обращая внимание только на пластические деформации и непосредственно связанные с ними преобразования внутренней структуры.

Переместившись в первый раз в склоновую, ложковую, а часто – и непосредственно в террасовую россыпь, золотинки нередко получают незначительные деформации, небольшие нарушения структуры тонкого наружного слоя. При травлении полированных срезов золотин они могут и не проявиться – активация еще мала, чтобы началась перекристаллизация. Даже, если она и произошла, появившаяся тонкая коррозионная оболочка замаскирует все следы преобразований приповерхностного слоя. Могут обойтись без видимых признаков деформаций и золотинки, попавшие в русловую россыпь непосредственно из бортов или днища долины. Иногда удается отметить уплотнение коррозионного слоя, особенно в тонких отростках, но обычно оболочка настолько тонкая, что микроскопические наблюдения ничего не дают.

Но случается и обратное. Золотинки на своем еще очень коротком пути сразу получают значительные деформации, вызывающие скольжение микроучастков кристаллической структуры и появление хорошо различимых с помощью рудного микроскопа зон трансляций в первичных зернах золотин (рис. 32).

Чем сильнее эти деформации, тем скорее на их месте возникнут структуры рекристаллизации. Она может быть проявлена у "молодого" золота, испытавшего заметный перенос от коренного источника, и очень редко – у мало перемещенных золотин. Находясь в покое, "молодая" золотинка обзаводится неглубокой коррозионной оболочкой, ее толщина зависит от дальности переноса, а строение рыхлое, пористое. Если золотинка прекращает путешествие, рыхлая оболочка по мере старения постепенно разрастается.

Таким образом, золотинки, недавно поступившие в россыпь, отличаются малой толщиной коррозионной оболочки и далеко не всегда имеют признаки пластических деформаций и последующей рекристаллизации.

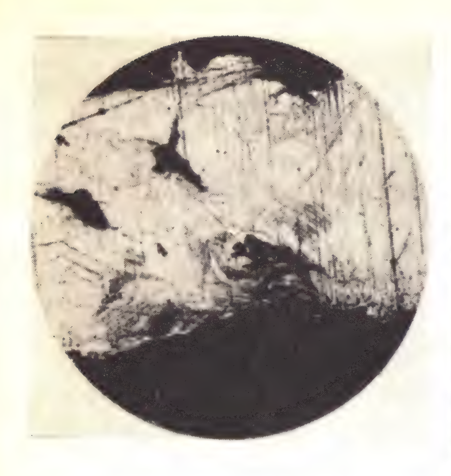


Рис. 32. Зоны трансляций в первичных зернах золотинки из россыпи. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 250



Рис. 33. Коррозионная оболочка, испытавшая рекристаллизцию, на золотинке из россыпи. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 350

Структуры рекристаллизации, появившиеся у золотинок в россыпях – следы пережитых пластических деформаций.

При дальнейшем перемещении с террасы на террасу или вдоль русла новые механические воздействия обрушиваются на золотинку, повышая степень активации кристаллической структуры первичного золота и деформируя более податливую, мягкую и пористую, коррозионную оболочку. Наружный ее слой уплотняется, пористое строение утрачивается. Даже слабые, но многократные удары и трение деформируют кристаллическую структуру золотинок до такой степени, что это становится очевидным для наблюдателя – появляются зоны трансляций, осложняющие первичные зерна и зерна, слагающие коррозионный слой.

Следовательно, зоны трансляций в зернах коррозионной оболочки – признак возобновления миграции.

Иногда коррозионные зерна вытягиваются параллельно окатанной поверхности золотинок, а порой межзерновые границы утрачиваются, зерна сливаются, и остается слоистая высокопробная оболочка; субпараллельные слои ее повторяют контуры выделения.

Если золотинки после этого достаточно длительный период пребывают в покое, зоны и линии трансляций "снимаются" зародившимися в этих нарушенных участках и выросшими рекристаллизованными зернами (рис. 33). Рекристаллизация коррозионного слоя – признак переотложения золотинок после продолжительного периода покоя, в течение которого сформировалась высокопробная оболочка. В то

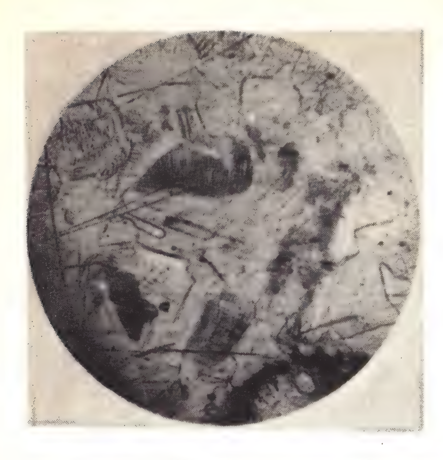


Рис. 34. Зоны трансляций в рекристаллизованных зернах золотинки из россыпи. Полированный срез, протравленный царской водкой. Увел. 130

же время, это показатель наступления нового периода покоя, когда возникают рекристаллизованные зерна.

Но золотинки могут переотлагаться неоднократно. Чем же отмечен их дальнейший путь? Очевидно, возобновления механических воздействий приведут к новым пластическим деформациям. Они исказят уже не только структуру реликтов первичного золота и коррозионных зерен, но и строение рекристаллизованных зерен, возникших на фоне первичного золота и коррозионного слоя.

Вытягивание зерен, зоны трансляций в рекристаллизованных зернах коррозионной оболочки – зримые следы еще одного перемещения золотинок.

Зоны трансляций в рекристаллизованных зернах, выросших в реликтах первичного золота, – показатель повторной миграции золотинок по отношению к тому времени, когда структура их была деформирована настолько, что вызвала рекристаллизацию (рис. 34). К сожалению, через какое-то время, пребывая в сформировавшемся пласте в полном покое, золотинки в процессе новой рекристаллизации утратят признаки двукратной миграции. Мало того, новообразованные зерна в результате собирательной перекристаллизации укрупнятся и мелкозернистая структура рекристаллизации станет средне- и даже крупнозернистой. Только по расположению и форме зерен их можно будет отличить от первичных.

Однако случается обнаружить следы еще одного перемещения золотинок.

Если первая коррозионная оболочка сама подвергается коррозии и возникает повторный исключительно высокопробный мелкозернистый коррозионный слой, а на нем видны зоны трансляций и рекристаллизованные зерна, можно не сомневаться в трехкратном перемещении золотинок.

Почему все-таки мы не считаем, что признаки многократных передвижений, чередующихся с периодами покоя, отражают всего-навсего пе-

ренос золотинок паводковыми водами в процессе формирования золотоносного пласта одного уровня? Наши построения не являются умозрительными. Прежде чем прийти к выводам о том, как изменяется в россыпях строение золотинок, были изучены многие их тысячи. Работы проводились в тесном комплексе с исследованиями строения, времени и последовательности формирования золотоносных пластов. Установлено, что образование коррозионного слоя и структур рекристаллизации – длительные процессы, заметно не проявляющиеся даже в период не между ежегодными, а достаточно редкими катастрофическими паводками, увлекающими в путь золотинки. При таком переносе едва зародившийся коррозионный слой срезается природными абразивами – обломками твердых пород. Структуры рекристаллизации не успевают образовать участки с ненарушенной структурой и стереть зоны трансляций.

Десятки и сотни тысячелетий формируется коррозионная оболочка. Тысячелетия необходимы для возникновения рекристаллизованных зерен в природных условиях.

Поэтому не изглаживаются до конца следы перенесенных золотинками испытаний, а нам удается приподнять завесу над историей жизни золотинок на земной поверхности.



Глава III

О чем рассказывают золотинки

Теперь мы представляем себе, что такое золотинки – их размеры, форму, состав, внутреннее строение и возможные преобразования этих признаков. Мы убедились, что изменение условий существования заставляет определенным образом меняться все или некоторые черты золотинок.

Особенности золотинок, позволяющие проникнуть в историю жизни минерала, и есть их язык. На нем запечатлены и сведения об обстановке в момент рождения, и следы катаклизмов, почти до неузнаваемости изменивших золотинки, и повествование о сложных путях, приводящих частицы самородного золота из руд в россыпи.

Признаки минералов, характерные для определенных условий их образования, называют типоморфными или индикаторными. У некоторых минералов одна-единственная особенность способна сразу рассказать, в каких породах или рудах они образовались–например, форма кристаллов циркона, состав гранатов, кристаллическая структура алмазов.

Язык золотинок труднее для понимания, но если им овладеть, можно узнать многое из того, о чем другие минералы рассказать не в состоянии. Более постоянные по составу или сильнее подверженные механическим разрушениям и не способные сохранить следы многократных преобразований, они, в отличие от золота, дают о себе ограниченные сведения.

Но если золотинки позволяют заглянуть в лабораторию природы, было бы неверным не воспользоваться такой возможностью. Вполне естественно предположить, что золотинки могут дать в руки исследователю путеводную нить, протягивающуюся к рудам и россыпям.

В предыдущей главе мы уже вслушивались в повесть золотинок о перипетиях их путешествий по земной поверхности. Обратимся теперь к рассказам о жизни самородного золота на глубинах.

НА КАКОЙ ГЛУБИНЕ РОСЛИ ЗОЛОТИНКИ?

Золоторудные месторождения формировались на разном удалении от поверхности, существовавшей в различные геологические периоды – палеоповерхности. Теоретические расчеты и наблюдения геологов привели к разным представлениям о том, что считать большой, средней и малой глубинами образования руд. Чаще всего малыми считают расстояния от десятков метров до 1,2 км от палеоповерхности, средними – 1,5 до 2,5–3 км и большими – свыше 3 км.

Прямое определение глубины образования руд возможно только в отдельных, не очень многочисленных случаях, когда геологи по остаткам каменных пластов и углам их наклона могут восстановить графически всю ныне отсутствующую толщу, заключавшую месторождение. Впрочем, абсолютные глубины формирования руд не так важны для поисковых целей. Ведь в настоящее время расстояние месторождений от поверхности совсем не то, что было в эпоху рудообразования, иначе до многих из них мы бы еще долго не могли добраться. Важны лишь различия месторождений; они в значительной мере зависят от глубины их возникновения.

На больших глубинах образование руд происходило при общей нагретости пород и при постепенно нарастающих и длительно действующих напряжениях. На средних глубинах сказывались местные прогревания пород возле расплавленных тел ограниченного объема, так называемых малых интрузий, близких по времени внедрения к формированию руд. На малых глубинах происходили более резкие, чем на других уровнях, перепады давления, а его изменения служат одной из главных причин образования минералов. Быстрые спады давления вызывают вскипание рудоносных растворов. От них отделяются летучие компоненты, и происходит разрушение комплексных соединений золота и серебра, находившихся в растворе. Особенно благоприятствовало выпадению из растворов золота вскипание углекислоты, оказывавшее влияние на изменение кислотно-щелочного режима. Образование руд прерывалось внедрением вулканических тел. Высокая сейсмичность влияла на движение глубинных восходящих рудообразующих растворов и на смешение их с водами, просачивающимися с поверхности.

Постепенно был установлен ряд самых разных признаков, свидетельствующих о глубине формирования месторождений. К ним относятся структуры (строение) минералов, текстуры (сложение) рудных тел, особенности многих минералов и другие показатели.

Неодинаковые условия минералообразования на разных глубинах, определившие серию закономерных различий золотых руд, не

могли не отразиться на особенностях одного из самых изменчивых компонентов руд – самородного золота.

На какой же глубине росли золотинки и зачем нужно знать об этом?

Вопрос совсем не праздный. Разные физико-химические условия, типичные для каждой из глубинных зон, влияют на формирование таких черт месторождений, от которых зависит их промышленная ценность. Это и протяженность рудных тел на глубину, и характер распределения в них концентраций золота.

Месторождениям различной глубинности присущи свои закономерности распространения и особенности размещения в толщах горных пород, приуроченность к определенным геологическим структурам – складкам пластов, зонам рассланцевания, дробления, трещинам, оперяющим глубинные разломы, кольцевым и радиальным разломам, зонам проседания, обрамляющим жерла вулканов.

Именно на начальных стадиях исследований, когда другие источники информации ограничены, а горные работы не вскрыли коренные породы, первые сведения о золотоносности дадут золотинки.

Их обнаруживают в шлихах, взятых из рыхлых отложений на водоразделах и склонах долин, в руслах ручьев и рек, а также в концентратах, выделенных из протолочек – раздробленных проб кварца и минерализованных коренных пород.

Золотинки из шлихов прежде всего оценивают по степени их окатанности – чем сильнее окатанность, тем большее число раз золотинки перемещались с террасы на террасу или тем дальше унесены от места своего рождения. Затем измеряют размеры частиц, изучают их форму и определяют пробу. На геологической карте появляются отметки, указывающие, где встречены золотинки той или иной разновидности.

Пока геологи сопоставляют эти данные с картиной геологического строения площади, минералоги ищут подтверждения своих предварительных выводов, изучая внутреннее строение золотинок.

Почему первые предположения можно было сделать, зная лишь пробу золотинок?

Долгое время были известны только результаты наблюдений, показывавшие, что чаще всего для месторождений глубинной зоны типично высокопробное золото, для малоглубинных – низкопробное и высокосеребристое, а для среднеглубинных месторождений характерно и золото средней пробы. Соответственно изменяется и размах колебаний пробы золотинок в пределах одного месторождения – он наибольший в малоглубинных и минимальный в глубинных образованиях. Эта закономерность, подмеченная еще В.И. Вернадским и другими исследователями, длительное время не имела количественного выражения и экспериментального подтверждения.

Изучение процессов совместного осаждения из растворов золота и серебра, проведенное под руководством М.С. Сахаровой, показало, что проба искусственно выращенных золотинок понижается по мере

уменьшения в растворе золото-серебряного отношения (Au / Ag), кислотности среды (pH), увеличения потенциала кристаллизации и в присутствии галоидных ионов, преимущественно хлора. Согласно данным В.Г. Моисеенко, проба понижается при возрастании роли ионов калия. Н.В. Петровская подчеркивает значение повышения окислительно-восстановительного потенциала для снижения пробы.

В природе в таком направлении изменяется обстановка рудообразования при уменьшении его глубинности. Значит, проба может служить объективным показателем глубины отложения золотинок.

Удалось установить количественные градации пробы разноглубинных золотинок. Оказалось, что известная тенденция накопления серебра в самородном золоте и, следовательно, понижения его пробы по мере уменьшения глубины образования руд проявляется в более сложных формах, чем представлялось ранее. Были выявлены широкие перекрывающиеся интервалы пробы золотинок из разноглубинных месторождений. Например, известны руды, образование которых, как однозначно установили геологи, происходило на небольшой, менее 1 км, – глубине от палеоповерхности. А вот проба самородного золота здесь высокая и нередко в среднем составляет 930. Обычно же такая проба типична для золотинок, выросших на глубинах более 3 км. И, напротив, проба 750, характерная для золота малоглубинных месторождений, бывает у золотинок других глубинных уровней.

В целом размах колебаний пробы, отмеченный у золотинок всех изученных месторождений больших глубин, составляет 380–999, а малых – 160–960. Средняя проба отдельных месторождений больших и средних глубин может колебаться от 380 (крайне редко!) до 998 и бывает ниже 750 в малоглубинных. Исключения составляют некоторые малоглубинные месторождения золото-теллуридного типа с высокопробным золотом.

Интересно, что проба золотинок часто зависит от минерала-хозяина, включающего самородное золото. Ю.С. Берманом с соавторами показано, что такая зависимость проявляется лишь там, где размеры выделений минерала-хозяина достаточно велики, чтобы влиять на химизм среды во время минералообразования.

Следовательно, необходимо не просто знать величину пробы, но и иметь дополнительные ее характеристики. Прежде всего, это средние значения пробы и оценки отклонения пробы отдельных золотинок от средних (оценки дисперсии). Средняя проба вычисляется как среднее арифметическое значение пробы 10–50 золотинок (чем больше, тем лучше, но крупинки золота встречаются не всегда так часто, как хотелось бы).

В качестве оценки дисперсии берется среднее квадратичное отклонение. Способы его вычисления имеются во всех руководствах по математической статистике, и мы не будем на них задерживаться.

В каждом месторождении больших и средних глубин вариации пробы подавляющего числа золотин не особенно велики. Поэтому 10 – 15 золотинок помогут достаточно точно определить и среднюю пробу

и ее дисперсию. В малоглубинных месторождениях проба золота часто изменяется в широких пределах и для точного определения требуется проанализировать 25 – 50 золотинок. Так как все или почти все вариации пробы будут при этом находиться в интервале ниже 750, средняя проба в любом случае окажется в пределах значений, типичных для месторождений малых глубин. Там, где проба колеблется незначительно, невелики и оценки ее дисперсии и наоборот.

На основании огромного, измеряемого десятками тысяч, числа анализов золотинок установлено, что средняя их проба на месторождениях больших глубин бывает не ниже 850, средних глубин – 800, а на малоглубинных – не выше 750. Среднее квадратичное отклонение пробы в глубинных и среднеглубинных месторождениях варьирует от 12 до 70, в малоглубинных – превышает 70, а часто составляет 100 и более.

Иногда на первом этапе работ пробу приходится определять всего для нескольких золотинок. Кроме того, всегда имеются исключения из правил. Именно поэтому минералоги и не делают сразу категорических заключений о том, на какой глубине образовались золотинки. Они обращаются за дополнительными сведениями к той же пробе, если позднее удалось замерить ее у большего числа частиц, и к внутреннему их строению, очень четкому показателю условий формирования золотинок, а, значит, и глубинности минералообразования.

Итак, если замерена проба нескольких десятков золотинок, можно узнать еще некоторые характеристики, отличающие золото месторождений различной глубинности – особенности распределения пробы.

Если по горизонтальной оси отложить значения пробы, а по вертикальной – долю золотинок каждой пробы в процентах, то на полученной кривой обозначатся пики-максимумы. Они покажут, золото какой пробы встречается наиболее часто в месторождениях, для которых построена кривая распределения.

Наиболее отчетливо различия пробы выявляются при анализе распространения золота пробы ниже 850 и особенно – ниже 700.

Различия заключаются в положении максимумов и в их величине.

Распространение золота разной пробы близко в месторождениях больших и средних глубин, где условия образования минералов не так контрастны. В этих зонах почти всегда отсутствует золото пробы ниже 600; количество золота пробы ниже 700 составляет не более 3,5 %. В малоглубинной зоне высокосеребристое золото распространено во многих месторождениях, а золотинки пробы ниже 700 составляют от 75 до 100 %.

Что добавляет к этому изучение внутреннего строения золотинок?

Для низкопробных и высокосеребристых частиц характерно зональное распределение примеси серебра. Если золотинки не испытали метаморфизма, сохраняются зоны роста, параллельные кристаллографическим направлениям и создающие при травлении полированных срезов золотинок рисунок вписанных друг в друга кристаллов. Метаморфические преобразования искажают эту картину. Возникают эпигенети-

ческие зоны, повторяющие контуры золотинок или составляющих их зерен. Но зональность роста и эпигенетическая типична не для любой низкопробной золотинки. Только те из них, которые росли на малых глубинах, приобрели зональное строение. На средних глубинах не более 40 % низкопробных частиц имеют неясную зональность, да и то в относительно молодых по геологическому масштабу времени месторождениях – не старше 200 млн. лет.

В глубинных месторождениях, где низкопробные частицы весьма редки, только единицы из них имеют неясные следы зональности. Известны отдельные рудопроявления, сформировавшиеся, по заключениям геологов, на больших глубинах, но несущие низкопробное золото (пробы 700 и ниже). Однако золотинки при этом достаточно однородны по внутренней структуре и не обнаруживают признаков зональности. Относительная простота структур золотинок в рудах глубинного происхождения трактуется как следствие стирания их неоднородности в процессе внутри- и послерудной перекристаллизации. Контрастно неоднородное строение выделений золота в месторождениях малых глубин связано как с пульсирующим изменением окислительно-восстановительных условий в открытой системе, так и с перегруппировкой серебра в ходе сложного, прерывистого, многократно возобновляющегося процесса рудообразования с выделением в одних и тех же участках минералов, отлагавшихся в различное время.

Поэтому, наблюдая у золотинок зональное строение или его следы (важно не спутать их с зонами регенерации или выноса серебра при метаморфизме!), можно считать, что низкопробные частицы образовались в условиях малых глубин.

Есть и другие признаки, подтверждающие или отвергающие наши выводы, но они второстепенны, так как выражают не закономерности, а только определенные тенденции изменения характерных черт золотинок по мере уменьшения глубины их образования.

В первую очередь, это элементы-примеси в самородном золоте.

Вхождение в состав золотинок преимущественно в виде мельчайших включений других минералов обусловливает в значительной мере случайный характер концентрации примесей.

Однако, на примере большого числа месторождений доказано, что по мере уменьшения глубины образования наблюдается возрастание числа элементов-примесей в самородном золоте отдельно взятого месторождения, повышаются концентрации примесей сурьмы, свинца, селена, теллура, цинка, марганца в золотинках. Это связано с более сложным составом растворов, отлагающих руды в зоне малых глубин; с совмещением в одних и тех же местах минеральных сообществ, отлагавшихся в разное время; с интенсивными процессами перегруппировки рудного вещества, благодаря проявлениям сейсмической активности и внутрирудной вулканической деятельности.

Во всех месторождениях вариации содержаний примесей бывают широкими, но на больших глубинах концентрации отдельных элементов

составляют чаще всего тысячные и десятитысячные доли процента, на средних – тысячные и сотые, а на малых – нередко сотые и десятые доли процента.

Изменяется и комплекс примесей. Так титан на больших глубинах входит в число основных примесей в золотинках и встречается в 50–100 % случаев, а на средних и малых относится к числу второстепенных. На средних и малых глубинах в самородном золоте часто присутствует сурьма, а на больших она играет подчиненную роль.

Повышенные концентрации отдельных элементов-примесей могут объясняться как различиями источников рудного вещества и условий образования, так и особенностями их поведения в рудном процессе. Например, сурьма геохимически более тесно связана с серебром, чем с золотом, а так как высокие концентрации серебра присущи золотинкам малоглубинных месторождений, естественно, что для последних типичны повышенные содержания сурьмы.

Таким образом, достоверность выводов о глубине формирования руд возрастает, если принимать во внимание содержания и состав примесей в золотинках.

Тенденция увеличения числа и содержаний элементов-примесей от глубинных месторождений к малоглубинным может осложняться в связи с геохимической обстановкой территорий.

Элементы, определяющие геохимический тип золотых руд, наиболее распространены в самородном золоте.

В золоторудных провинциях, где отсутствуют месторождения других металлов, комплекс примесей в золотинках обусловлен преимущественно составом рудообразующих элементов продуктивных на золото ассоциаций.

В областях со сложной историей формирования оруденения в стороне от месторождений золота или на одних и тех же участках встречаются руды, содержащие другие металлы. Так, в золотых рудах могут присутствовать минералы вольфрама, олова, сурьмы, ртути, молибдена. Металлы могли поступать или из одного с золотом или из разных источников рудного вещества, но несущие их минералы почти никогда не входят в состав золотоносных минеральных сообществ. Поэтому и элементы, находящиеся в составе перечисленных минералов, или не образуют примесей в золотинках или встречаются в них спорадически, а концентрации таких элементов резко варьируют.

Зная, какие руды, кроме золотых, распространены на изучаемой площади, можно внести нужные поправки в данные о составе и содержаниях примесей в золоте.

Не имеют самостоятельного значения в качестве однозначного признака и другие тенденции, проявляющиеся при переходе от глубинных к малоглубинным месторождениям: усложнение формы кристаллов и конфигурации золотинок; увеличение количества мелких выделений; преобладание мелкозернистых структур; усложнение двойников.

Изменение кристаллических форм, как показывают работы Н.З. Евзиковой, достаточно надежный показатель глубинности, но крис-

таллы золота, особенно хорошо ограненные, присутствуют далеко не во всех месторождениях. Совсем редко они встречаются среди крупных и средней величины золотинок. Это резко ограничивает возможность использования кристаллических форм в качестве индикаторных признаков, особенно на начальных стадиях геологоразведочных работ.

Конфигурация неправильных золотинок, зависящая, главным образом, от формы вмещающих полостей, действительно более прихотлива в месторождениях малых глубин. Но нередко золотинки точно такой же формы, пусть в меньшем числе, наблюдаются в глубинных и особенно в среднеглубинных образованиях. Если число изученных золотинок невелико, их морфология может привести нас к ошибочным заключениям, хотя в качестве дополнительного признака форма золотинок должна приниматься во внимание.

И, наконец, крупность золотинок и развитие мелкозернистых структур. Прежде преобладание крупного золота и крупно-(даже грубо-) зернистого строения золотинок в месторождениях больших глубин казалось несомненным, но в последнее время это стало нельзя считать безоговорочным фактом. Во всем мире открыты новые месторождения, заключенные в слоистых толщах обломочных пород, часто содержащих разные формы углерода. Они сформированы преимущественно на больших и средних глубинах, а золотинки в них тонкодисперные или очень мелкие. Следовательно, в месторождениях больших глубин может преобладать и мелкозернистое золото. На малых глубинах, хотя и значительно реже, чем на больших, встречаются крупные золотины и даже самородки. Значит, и там встречается крупнозернистое золото.

Процессы перекристаллизации приводят к появлению в крупных зернах более мелких или полностью превращают зерна в мелкозернистый агрегат. Это случается с золотинками, выросшими на различной глубине. Чаще всего многократное воздействие, приводящее к появлению мелких новообразованных зерен, все же проявляется на малых глубинах. Там же более распространены ячеистые, губчатые, проволоковидные формы золотинок. В их пережимах и тонких отростках обычно проходят границы зерен. И степень распространения мелкозернистых агрегатов, не как закономерность, но как тенденция, должна учитываться при определении глубины рождения золотинок.

Лесенки на этажах

Каждый глубинный уровень со своими золоторудными месторождениями – как бы гигантский этаж величественного здания, выстроенного природой. В разных золоторудных провинциях и даже в отдельных районах за сотни миллионов и миллиарды лет геологической истории оказываются разрушенными не только кровля, но и разные этажи этого сооружения. Месторождения располагаются достаточно

близко от современной поверхности Земли и могут быть обнаружены с помощью современных методов поисков.

Закономерное изменение отдельных особенностей месторождений в вертикальном разрезе каменных толщ называют вертикальной зональностью. Одним из ее выражений служит минералогическая зональность – изменение характера минеральных сообществ или признаков минералов на разных горизонтах месторождений. Меняются и особенности золотинок.

Давно уже было известно, что по мере продвижения горных выработок сверху вниз золотинки в руде, как правило, становятся более мелкими. Проба золота при этом обычно несколько повышается, содержание элементов-примесей падает, а состав их порой изменяется.

Однако в месторождениях больших глубин эти изменения бывают выражены настолько слабо, что не всегда улавливаются и при детальных исследованиях. Ведь глубинный этаж характеризуется по всей своей "высоте" достаточно одинаковыми физико-химическими условиями. Зато и оруденение здесь обычно имеет большую протяженность на глубину и не склонно внезапно выклиниваться.

Средний этаж, как и положено, занимает промежуточное положение. Признаки вертикальной зональности оруденения в целом и самородного золота в частности, в месторождениях средних глубин более отчетливы, а практическая ценность таких показателей выше.

И, наконец, месторождения верхнего этажа отличаются четко выраженной зональностью. Чем ближе к палеоповерхности формировалось оруденение, тем более резко изменчивыми становились условия образования минералов: обильнее был приток поверхностных вод, насыщенных кислородом, значительнее перепады давления, быстрее падения температур. Вулканическая деятельность и рудообразование на время прекращались, на поверхности накапливались толщи озерных и лагунных отложений. Затем снова недра оживали, сотрясая и дробя руды, согревая их вулканическим теплом, принося новые порции золоторудных растворов. Сложная история роста и преобразований самородного золота, своя на каждой ступени, отражена в особенностях золотинок.

Установлено, что от корневых частей рудных тел к их верхним горизонтам наблюдается значительное увеличение размеров выделений самородного золота. Если мысленно выделить три ступени, разделяющие малоглубинную зону на горизонты, то при подъеме на каждую следующую ступень средняя крупность золотинок может возрастать на порядок, составляя, соответственно, тысячные, сотые и десятые доли миллиметра. Обычно укрупнение не столь существенно. Только на верхнем горизонте, как правило, встречаются крупные выделения и иногда даже самородки.

Меняется, хотя и не всегда, морфология выделений – внизу это кристаллы более простой формы, часто уплощенные, а также чешуйки и интерстициальные выделения. По направлению к поверхности

форма кристаллов усложняется, наблюдаются сочетания различных граней, а также появляются неправильной формы сложные выделения — смешанные, ячеистые, дендритные, каркасные.

Проба золота в целом понижается, а дисперсия ее возрастает, так как прсба варьирует в очень широких пределах. Средние квадратичные отклонения пробы даже в ограниченных участках рудных тел превышают 100.

Обычно причина большей части метаморфоз раскрывается при изучении внутреннего строения золотинок. Становится очевидным, как долго и сложно формировалось то, что мы внешне воспринимаем как однородное выделение. Очень часто золотинки представляют собой срастание нескольких фаз самородного золота, неодинаковых по пробе и строению. Иногда эти различия невелики — например, золото пробы 600 с контрастными зонами роста контактирует с золотом пробы 650, строение которого неяснозональное. Фазы имеют ровные взаимопроникающие границы, так что трудно определить, какая из них отлагалась раньше. Лишь иногда видно, что более низкопробное золото нарастает на неяснозональное. Фазы имеют ровные взаимопроникающие границы, так что трудно определить, какая из них отлагалась раньше. Лишь иногда видно, что более низкопробное золото нарастает на неяснозональное. Можно предположить, что обе разновидности золота весьма близки по времени отложения. Но нередко одна золотинка бывает сложена разновидностями самородного золота, резко различающимися по составу и по времени образования.

Представьте себе агрегат полигональных зерен пробы 750. На малых глубинах, где родились эти частицы, золото такой пробы обычно зональное, но в нашей золотинке зерна почти однородные. Они как бы раздвинуты и в промежутках расположились прожилки контрастно-зонального золота. Зоны расположены симметрично по отношению к оси прожилка; в углублениях поверхности зернистого агрегата строение золота концентрически-зональное. Проба его 600. Совершенно очевидно, что выделение более низкопробного золота оторвано по времени от отложения золота пробы 750. Последнее было метаморфизовано, причем зоны роста исчезли и возникли полигональные мелкие зерна. Их агрегат испытал дезинтеграцию, и уже после этого в промежутках между зернами отложилось более позднее низкопробное золото.

Встречаются и трех-(редко — четырех-)фазные золотинки с признаками последовательного отложения золота разного состава. Проба каждой фазы заметно отличается от других — на 50 — 200 единиц.

В пределах месторождения породы могут быть срезаны эрозией в разной степени: в одних местах неглубоко, в других — значительно. Исследуя золотинки, обнаруженные в участках выходов на поверхность рудных тел, узнают, какой горизонт уцелел от разрушения.

Для поисков и оценки месторождений недостаточно знать, на каких глубинах они образовались. На разных территориях в одной и той же глубинной зоне распространены месторождения, несколько различающиеся по геологической обстановке, в которой они находятся, и по комплексу особенностей.

Как и для всех рудных полезных ископаемых, для золота выделяют рудные формации – группы месторождений со сходными по составу устойчивыми сообществами минералов, формирующиеся в близких геологических условиях.

В настоящее время формационная классификация золоторудных месторождений пересматривается и совершенствуется на основе новых знаний, накопленных за последнее десятилетие. Но какая бы систематика ни предлагалась, она всегда учитывает минеральный состав руд, ибо он свидетельствует не только о характере золотоносных растворов, но и определяет поведение золота в рудном процессе. Минеральный состав руд влияет на извлечение золота из руд, а это, в свою очередь, влияет на их ценность. В случае хорошо обогатимых руд, с извлекаемым почти без остатка золотом, нужны меньшие расходы на получение металла. Трудно обогатимые руды требуют больших усилий и средств, и все же заметная часть золота может остаться в породе.

Могут ли золотинки рассказать что-то о минеральном составе руд до того, как рудное тело будет вскрыто горными выработками, а его минеральный состав детально изучен?

Золотинки всегда содержат включения других минералов, слагающих руды. Нередко эти частицы хорошо видны с помощью лупы, бинокулярного микроскопа, а в крупных выделениях и самородках – и невооруженным глазом. Но чаще всего так различают минералы, отлагавшиеся до образования золота и родственного ему минерального сообщества, или, напротив, более поздние выделения. Многочисленные дисперсные частицы минералов, особенно близких самородному золоту по времени и условиям образования, можно различить, только наблюдая их с очень большими увеличениями.

Есть еще один косвенный способ представить себе, с какими минералами в рудном процессе было связано золото: нужно изучить состав золотинок и судить по элементам-примесям о возможных спутниках золота.

Спектрографическое определение из малых навесок в значительной степени улавливает элементы, связанные с минеральными сообществами, в составе которых отлагались золотинки. Именно эти сообщества определяют минеральный тип месторождения, хотя количество их в рудах часто уступает другим минералам. По данным И.П. Ланцева, в одном месторождении золото-полисульфидно-кварцевой формации преобладающим рудным минералом являлся арсенопирит. Но мышьяк, входящий в его состав, в золотинках встречался в малых

количествах или отсутствовал. Для самородного золота были характерны повышенные содержания сурьмы и меди, так как эти элементы входили в состав минералов, родственных золотинкам. Они вместе с золотом и серебром находились в рудообразующих растворах и питали растущие минералы – блеклые руды, сульфосоли сурьмы, самородное золото, – когда мышьяк и железо уже успели образовать в жильном кварце свое сообщество, содержащее арсенопирит. Одновременно с ним выделилось небольшое количество тонкодисперсного самородного золота, но не оно определило главную ценность золотых руд и не арсенопиритовая минерализация дала название минеральному типу месторождения.

Неправильно было бы думать, что другие минералы, соседствующие с золотинками, хотя и отлагались из растворов раньше или позднее золота, не отдавали ему часть своих выделений с присущими им элементами. Но последние появляются в золотинках спорадически и концентрации их чаще всего весьма незначительные.

Другого рода затруднения при расшифровке минерального типа месторождений золота связаны с геохимическими особенностями территории, где проводятся поиски.

Так, в одной золоторудной провинции все золотинки отличаются повышенными содержаниями ртути. Однако геологические исследования показали, что ртуть связана с более поздним рудным процессом, проявившимся когда месторождения золота уже сформировались. Месторождения ртути образовались вблизи золоторудных. Легко летучая ртуть добралась до кварцевых жил с золотом и вступила с ним во взаимодействие. Образовались даже соединения золота, серебра и ртути – амальгамы. В этом случае примесь ртути определяет только геохимическую специфику провинции, а не минеральный тип золоторудного месторождения.

Случается, что золото и другой металл выделялись на протяжении единого рудного процесса. Например, вначале образовались минералы вольфрама, а значительно позднее выделилось золото. В этом случае вольфрам, связанный с незолотоносными минеральными сообществами, только спорадически встречается в золотинках.

Все присущие определенной территории геохимические особенности следует учитывать при изучении примесей в золоте.

Дополнительным признаком минерального типа месторождений золота служит его проба. В малоглубинных месторождениях появление больших количеств высокопробного золота позволяет ставить вопрос о принадлежности их к золото-теллуридному типу. Высокопробное золото с примесью сурьмы характерно для среднеглубинных месторождений золото-сульфоантимонитового и золото-антимонитового типа.

Интересно, что уже не состав золотинок, а их формы и внутреннее строение могут в отдельных случаях рассказать о том, много ли в руде сульфидов, содержащих тонкодисперсное золото. Правда, эти осо-

бенности указывают не на минеральный тип месторождения, а на количество наиболее распространенных рудных минералов и на размеры выделений самородного золота. Но для переработки руд такие сведения чрезвычайно важны. Их можно получить, изучая золотинки из зоны окисления в тех районах, где установлено широкое распространение вторичного золота. На одной из подобных площадей было установлено, что площадь, где золотоносных сульфидов в рудах менее 5 %, вторичное золото обычно не образует самостоятельных выделений, а отлагается в виде тонкой пленки на поверхности остаточных золотинок в зонах окисления. В рудах с содержаниями сульфидов от 7 до 15 % вторичное золото выделяется на поверхности остаточного в виде толстых корочек. Встречаются и обособленные золотинки, нацело сложенные вторичным золотом. Если же количество сульфидов, содержащих тонкодисперсное золото, превышало 30 %, самостоятельные выделения вторичного золота встречались очень часто.

Г.В. Нестеренко удалось показать, что в конкретных золотоносных районах содержания в представительных выборках самородного золота элементов, образующих в нем твердые растворы (серебра, ртути, меди), могут служить для распознавания типов золоторудных месторождений.

Следует все же сказать, что о своих родственных связях золотинки пока рассказывают скупо. Это объясняется как тем, что большинство элементов не входит в кристаллическую структуру самородного золота, так и недостаточным числом анализов золотинок, имеющих точные указания на родственные минеральные сообщества, из которых они были извлечены.

Только собрав большой представительный материал и обработав его статистически, мы будем в состоянии по составу отдельных золотинок не просто предполагать, а точно знать, какому минеральному типу месторождений обязаны они происхождением. Эта задача ждет своих исследователей.

Разные поколения

Человеческая история отсчитывается эрами, тысячелетиями, веками...

Геологическая измеряется своими величинами, несравненно более продолжительными: эрами, периодами, эпохами, веками.

Образование руд также охватывает протяженные отрезки времени.

Геологи выделяют металлогенические эпохи, давшие начало многим месторождениям, часто непохожим на образования других эпох. Более кратковременные периоды формирования обстановок, благоприятных для возникновения месторождений – этапы. Они отличаются друг от друга временем проявления, геологическими условиями и характерными чертами оруденения. Существуют месторождения, образовавшиеся в течение одного, двух, а порою и более этапов. И,

наконец, этап рудообразования разделяется на ряд стадий. Каждая из них характеризуется определенным, отложенным на данной стадии, комплексом минералов (Н.В. Петровская так и назвала его "одностадийным минеральным комплексом"). Он может быть представлен одной минеральной ассоциацией – сообществом минералов, – или рядом таких сообществ, отлагавшихся последовательно по мере изменения физико-химической обстановки. Каждая такая ассоциация (парагенезис) минералов выделяется по общности сонахождения и одинаковым или близким условиям их возникновения в один и тот же отрезок времени.

Длительное время существовали представления об одноактном отложении золота в одну самостоятельную, позднюю, стадию рудного процесса. Если бы это отвечало истине, речь золотинок свелась бы к единственной фразе: "Мы здесь, а сколько нас – узнаете, добыв и переработав руду".

Не выделяется ли золото на всем протяжении рудного процесса, как думает ряд исследователей?

Установлено, что золото отлагается из растворов в достаточно узком диапазоне температур и кислотно-щелочных условий, что и предопределяет его связь с ограниченным числом сообществ – продуктивных (золотоносных) минеральных ассоциаций.

А раз так – золотинки могут оказаться хорошими проводниками по рудным телам и рудоносным площадям.

Н.В. Петровская выделяет для золоторудных месторождений достаточно однотипные периоды минералообразования, отвечающие представлениям о стадийности рудного процесса.

Исследователи многих конкретных месторождений золота выделяют две или большее число продуктивных на золото рудных стадий, отмечая для каждой из них смену минеральных сообществ, свидетельствующую о кислотно-щелочной эволюции рудоносных растворов и периодичности этих изменений.

Соответственно, самородное золото может быть связано с несколькими продуктивными минеральными сообществами, относящимися к разным или одной и той же стадии.

Изучение минеральных сообществ самородного золота показало, что оно выделялось в основном в завершающие стадии рудного процесса, позднее, чем кварц, и лишь в малоглубинных месторождениях – одновременно с ним. Однако часть самородного золота – в одних месторождениях незначительная, в других, напротив, подавляющая, отлагалась в раннюю рудную стадию одновременно с пиритом и арсенопиритом.

Научиться различать золото, связанное с разными стадиями рудного процесса, – значит получить в руки чуткий инструмент, помогающий расшифровывать шаг за шагом историю формирования месторождения.

Чтобы выявить закономерные различия самородного золота, отлагавшегося на разных стадиях рудообразования, следовало пред-

варительно посмотреть, в какой степени меняются его особенности в минеральных сообществах одной и той же стадии рудного процесса. Надо было знать, насколько похожи друг на друга золотинки одного поколения, а затем уже искать их отличия от частиц, родившихся в другое время.

Оказалось, что золото ранней рудной стадии представлено в основном невидимками и карликами – тонкодисперсными, пылевидными и весьма мелкими частицами, носителями которых являются в основном сульфиды ранних генераций.

О раннем (более старшем) поколении золотинок можно заключить, что в подавляющем большинстве случаев на одном и том же месторождении они характеризуются близкими особенностями строения и состава. Исключения составляют месторождения, где в раннюю рудную стадию отлагалось несколько разновременных минеральных сообществ, несущих золотинки.

Подобно семье, где дети различаются не только по возрасту, и золотинки одного поколения имеют присущие им черты, сохраняя, однако, нечто общее – семейное сходство.

Самородное золото, отлагавшееся в поздние рудные стадии, отличается меньшим постоянством признаков.

Есть месторождения, где в пределах одной стадии – поколения мирно уживаются с карликами и золотинками среднего роста невидимки и гиганты. Однако преобладают месторождения, в которых пределы колебаний крупности золотин гораздо меньше. Среди глубинных образований известны руды с преимущественным развитием золотин средней крупности или пылевидного и мелкого золота на поздних стадиях рудного процесса; напротив, в большом числе малоглубинных месторождений в поздних сообществах золотинки крупнее 1 мм встречаются редко.

Размеры золотинок одного поколения существенно зависят от того, претерпели они метаморфизм или нет.

В неметаморфизованных рудах распределение частот встречаемости золотинок различной крупности, принадлежащих к одному поколению, можно представить в виде кривой с одним "пиком" – максимумом. Дополнительные максимумы появляются, если рассматривать совместно золотинки одного поколения, взятые как из неизмененных, так и из преобразованных руд.

Самородное золото, отлагавшееся в составе минеральных ассоциаций одной стадии рудного процесса, обычно обладает одинаковым комплексом форм. Среди них различаются преобладающие и сопутствующие им.

Более однозначными признаками отложения самородного золота в течение одной и той же стадии рудного процесса служат особенности состава и строения золотинок.

На месторождении для золотинок, относящихся к одному поколению, типично нормальное распределение содержаний в них серебра, а также ряда других примесей, главным образом свинца, сурьмы,

висмута, железа. Это значит, что на диаграмме, где по вертикальной оси отложены частоты встречаемости определенных содержаний, а по горизонтальной –содержания примесей, распределение примет вид достаточно симметричной кривой с одним максимумом. Исключения из этой закономерности наблюдаются достаточно редко, несколько возрастая в числе от глубинных к малоглубинным месторождениям.

Распределение содержаний меди, по-видимому, вследствие того, что форма ее вхождения в самородное золото может быть двойственной – в виде изоморфной примеси в кристаллической структуре и дисперсных включений собственных минералов меди, нередко оказывается с двумя максимумами даже в золотинках одного поколения.

Средние содержания малых примесей в золоте одного поколения, так же как и серебра, часто не имеют значимых различий, однако это носит характер четко выраженной тенденции, но не закономерности. Что касается концентраций серебра, то закономерность существует, но ее нарушают такие явления как метаморфизм, местные изменения условий рудообразования и т.п.

Имеется тенденция равенства содержаний элементов-примесей в золотинках одного поколения.

Наибольшим постоянством характеризуются содержания серебра и проба золота в месторождениях больших глубин.

Некоторые вариации состава и внутреннего строения золотинок-ровесниц наблюдаются опять-таки в местах проявления внутри- и пострудных преобразований.

Если подобные изменения происходят в контактовом ореоле крупного магматического тела, проба золота всего поколения повышается. Если же прогрев местный, например, в зоне проникновения новых порций горячих глубинных растворов, изменения пробы большей частью проявляются нерезко и захватывают только отдельные золотины или все золото, но в ограниченных участках. Средняя проба в таком случае отличается от средней пробы неизмененного золота для месторождения в целом.

В условиях средних глубин вариации состава золотинок одного поколения в местах метаморфических преобразований бывают заметнее.

В месторождениях малых глубин золото поздних поколений так же, как правило, не очень изменчиво. Однако отклонения от стандарта, свойственного поколению, наблюдаются чаще.

Характерный пример. Видимые золотинки в малоглубинном месторождении связаны с двумя продуктивными стадиями. В первой они отлагались в составе золото-халькопирит-блеклорудной, во второй – золото-сфалерит-теллуридной минеральной ассоциации. Проба золотинок первого поколения в среднем 850 (размах колебаний 750–910), а второго – 710 (500–750). Средняя проба золота, испытавшего в разной степени проявленные гидротермальные и контактовые метаморфические преобразования, составляет соответственно 900 и 750 при максимальных значениях 940 и 800.

Отклонения от средних значений содержаний ряда элементов-примесей – меди, сурьмы, мышьяка и других – также отмечены в интенсивно метаморфизованном золоте.

Внутренняя структура золотинок одного поколения в сообществах поздних рудных стадий характеризуется одинаковыми особенностями. Это подтверждено наблюдениями даже над наиболее неоднородными по строению выделениями самородного золота малоглубинных месторождений.

Еще более однотипны структуры золотинок одного поколения в глубинных и среднеглубинных месторождениях.

Сколько-нибудь заметные различия структуры выделений золота одной генерации встречались, когда можно было прийти к заключению об изменении условий отложения минералов или о послекристаллизационных преобразованиях.

Таким образом, для золотинок одного поколения, раннего или позднего, смотря по времени его формирования в рудах, типичны одинаковая средняя проба, ее нормальное распределение; одномодальное (с одним максимумом) распределение других примесей и часто – равенство их средних содержаний, идентичные или весьма близкие внутренние структуры.

Однако самородное золото, отлагавшееся в составе минеральных ассоциаций одной стадии рудного процесса, характеризуется и некоторой изменчивостью. Вариации особенностей золотинок обусловлены внутри- и послерудными изменениями, неоднократным отложением золота на протяжении одной стадии, местными изменениями условий рудообразования.

Особенности самородного золота, связанного с разными стадиями рудного процесса, объясняются неодинаковыми условиями кристаллизации и последующими преобразованиями.

Известные прежде признаки разновременного образования самородного золота были немногочисленными. Предполагалось, что для ранней рудной стадии всегда типично равномерное распределение золота в сульфидах. Однако А.М. Гаврилов доказал, что образованное одновременно с ранними пиритом и арсенопиритом субмикроскопическое золото сосредоточено в центральных частях кристаллов сульфидов. Содержания золота закономерно понижаются к периферии кристаллов в результате быстрого падения концентрации золота в растворах во время кристаллизации сульфидов. Также неравномерна золотоносность сульфидов и в целом на месторождениях – она убывает по мере удаления от так называемых рудоконтролирующих геологических структур – зон смятия, разломов и т.п., с которыми связано оруденение.

Такие признаки, как укрупнение раннего золота при выделении в тех же участках более поздней золотой минерализации, обрастание поздним золотом кварцево-золотых агрегатов ранней рудной стадии, наблюдаются далеко не всегда.

В чем же проявляются различия золота разных поколений?

Для видимых золотинок разного возраста обычны определенные пределы колебаний крупности. Так, для одного малоглубинного месторождения размеры золотинок ранней стадии изменяются от 0,001 до 0,05 мм, а поздней – от 0,04 до 0,3 мм. На другом месторождении золотины первого поколения имеют размеры 0,03–2,5 мм, второго – 0,01–0,2, редко до 1 мм. Но бывают случаи, когда пределы колебаний крупности одинаковы. Различия заключаются в распределении частот встречаемости золотинок определенных размеров: например, для первого поколения наибольшее число частиц (пик на кривой распределения) попадает на 0,06 мм, а для второго поколения – на 0,12 мм.

Золотинки, отлагавшиеся на разных стадиях рудного процесса, отличаются также по своей морфологии – иногда существенно, а порой различия состоят лишь в преобладании тех или иных форм.

Увидев одну золотинку, мы не решимся на основании только размеров и формы отнести ее к определенному поколению. А особенности крупности и морфологии небольшого скопления золотин уже могут служить хотя не однозначным, но дополнительным признаком при изучении стадийности образования минералов.

Более явные различия обнаруживает состав золотинок. Академик А.Е. Ферсман отмечал тенденцию очищения золота от примесей по мере перехода от ранних генераций к поздним. Впоследствии этот вывод подтвердился для ряда месторождений. Однако установлены случаи и обратной закономерности. Известно также, что изменение пробы во времени происходит далеко не всегда.

В месторождениях с невысокими (не более 5 %) содержаниями сульфидов проба золота обычно понижается в золотинках позднего поколения или изменяется незакономерно в зависимости от состава минеральных сообществ, с которыми золото связано.

Возрастание пробы золота от ранних его генераций к поздним отмечалось преимущественно в месторождениях с повышенными содержаниями сульфидов, концентрирующих серебро, и в месторождениях с развитием поздних, содержащих теллуриды, продуктивных минеральных сообществ.

В месторождениях, где формирование оруденения протекало в два различных этапа, золотинки, связанные с последним из них, обычно имеют более низкую пробу. Это объясняется тем, что во всех изученных до сих пор случаях оруденение второго этапа формировалось в менее глубинных условиях. Однако не исключена возможность образования высокосеребристого золота и в глубинных условиях, если количество серебра в рудоносных растворах будет достаточно большим.

Сопоставление пробы самородного золота, связанного с минеральными сообществами разных стадий рудного процесса, показало, что, в каком бы направлении ни изменялась проба, средние ее значения, как правило, имеют статистически значимые различия.

Распределение серебра в золотинках, относящихся к двум или более стадиям рудного процесса, не соответствует нормальной модели.

Комплекс и содержание малых элементов-примесей в золоте различных стадий рудоотложения в месторождениях больших и средних глубин в некоторых случаях существенно не различаются. Это особенно характерно для месторождений, в которых минеральный состав в течение всего процесса рудообразования оставался одинаковым или близким. Известны обширные золотоносные провинции с очень однообразной минерализацией. Один этап рудообразования от другого практически не отличается по вещественному составу золоторудных месторождений, а других руд на этих территориях нет. Естественно, что и элементы-примеси в золотинках разных этапов, а тем более отдельных стадий одного этапа, не различаются.

В других районах в глубинных месторождениях, где различия примесей в разновозрастном золоте существуют, они обычно заключаются в появлении в позднем золоте элементов, характерных для простых и сложных сульфидов (сульфосолей), реже – теллуридов – цинка, сурьмы, теллура, и в повышенных содержаниях свинца.

Напротив, в средне- и малоглубинных месторождениях золотинки различных стадий заметно отличаются по составу примесей и их содержаниям: наличию или отсутствию ртути, мышьяка, марганца, цинка, средним содержаниям этих элементов, свинца, сурьмы.

Там, где формирование оруденения было многостадийным, распределение содержаний некоторых элементов, входящих в золотинки, в виде тонких минеральных примесей (свинец, висмут и др.), не подчиняется нормальному и логнормальному законам, так как происходит искусственное объединение различных распределений. Кривая распределения содержаний получается с несколькими максимумами.

Еще более отчетливо эта тенденция прослеживается при двухэтапном формировании золотого оруденения.

Следовательно, особенности состава примесей в самородном золоте нередко могут служить показателями его многократного отложения в рудах. Но в целом эти признаки несут меньше сведений, чем распределение содержаний серебра.

Структура выделений самородного золота, отлагавшегося на разных стадиях рудного процесса, как правило, хорошо различается по ряду признаков – зернистости, зональности, проявлениям послекристаллизационных преобразований.

Особенно четко своеобразие внутренних структур и взаимоотношения выделений разновозрастных золотинок устанавливаются в месторождениях, где разные поколения образуют как самостоятельные рудные тела, так и руды, сложенные сообществами минералов нескольких стадий.

На целом ряде месторождений позднее золото нередко нарастает на ранние золотинки, образуя сплошные или прерывистые зоны. При этом более ранние низкопробные выделения в малоглубинных месторождениях имеют нетипичные для них незональные или прерывисто зональные структуры и неоднородное строение. В них отмечены обособ-

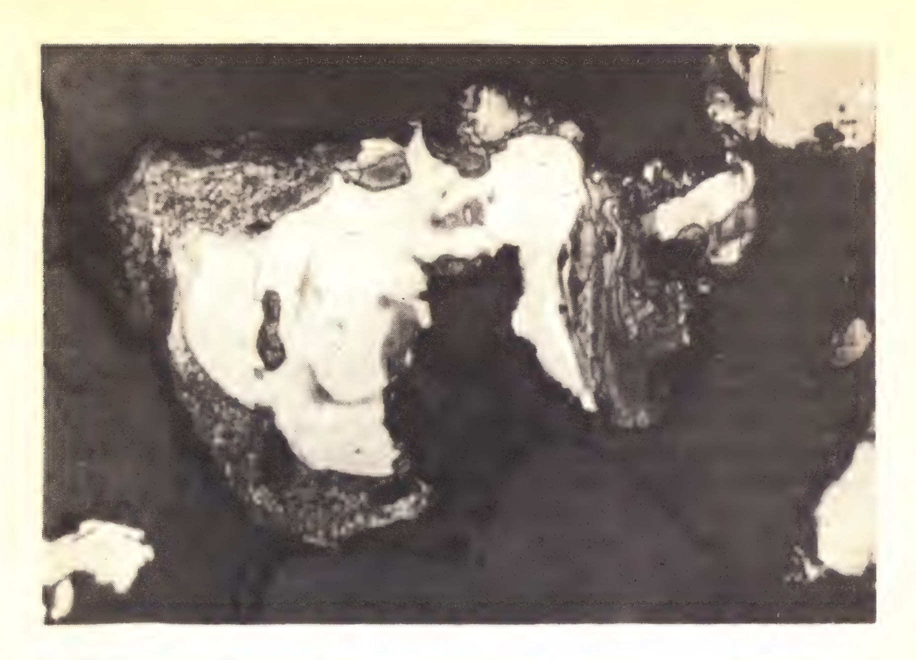


Рис. 35. Выделение позднего более низкопробного зонального золота (темно-серое) по зонам роста раннего золота (белое), сохранившимся в виде фрагментов (серое). Полированный срез, протравленный раствором хромового ангидрида в соляной кислоте. Увел. 130

ления другого состава, обычно весьма высокопробные в виде дендритов, округлых и неправильных частиц.

Широко распространено опережающее растворение более раннего золота по его ослабленным участкам – границам зон роста, межзерновым границам, – с последующим отложением позднего золота в образовавшихся полостях (рис. 35).

Другой вид взаимоотношений золотинок разных поколений – выделение позднего золота по межзерновым промежуткам в дезинтегрированных агрегатах раннего (см. рис. 25). В нем вдоль границ с поздним золотом нередко образуется узкая зона промежуточного состава с расплывчатой внутренней и резкой наружной границами. Это можно объяснить диффузионным проникновением серебра из более серебристого позднего золота в раннее.

Иногда межзерновые промежутки дезинтегрированных золотин не целиком заполняются более поздним золотом: в них располагаются только отдельные зерна разной конфигурации.

Итак, многочисленные признаки позволяют отнести золотинки к одному или разным поколениям. Эти признаки были бы совсем точными, если бы на отдельных участках не вмешивались неожиданные явления – местные изменения условий образования минералов, мета-

морфизм... Они несколько усложняют расшифровку кода, записанного в золотинках, но, как мы потом убедимся, не могут помешать его прочтению.

НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ДОРОГ

Представьте себе, что геологи только начинают пристально изучать территорию, где по самым общим представлениям может быть развито золотое оруденение.

В распоряжении современной геологии целый арсенал поисковых средств. Тут геохимические методы, оконтуривающие площади с повышенными содержаниями золота, и геофизические, выявляющие глубинные структуры, благоприятные для возникновения месторождений, и даже специальные жилоискатели. Буровики разбурят толщи в участках предполагаемого нахождения рудных тел и достанут с глубины керн – столбики пород и руд.

Но территории огромные; нельзя бросить на них армию науки и техники и "прочесывать" все подряд; бессмысленно бурить скважины наобум. Конечно, геологи владеют рядом методов, позволяющих наметить участки для поисков. Но неплохо послушать, что скажут золотинки.

Вот в шлихах встречаются лишь разрозненные золотинки, достаточно однотипные. И вдруг, на одном участке появляется еще одна их разновидность с совсем другим комплексом особенностей. Размеры, морфология, проба, элементы-примеси, внутреннее строение – все иное. Обе разновидности по своим признакам должны быть отнесены к образованиям зоны средних глубин. Геологическая обстановка подтверждает такую возможность. И вот проверка показывает, что если составить выборочную совокупность по результатам анализов обеих разновидностей, то распределение содержаний примеси серебра не будет соответствовать нормальному закону; содержания серебра и проба золотинок каждой разновидности существенно различны.

Первое предположение – здесь скрестились дороги золотинок, родившихся в разное время или в месторождениях разных минеральных типов. Поскольку глубина их образования одинакова, сразу трудно ответить – встретились ли разные поколения одного рода и одной семьи (одной рудной формации, одного минерального типа) или, пользуясь одними и теми же путями, проникли и отложили золото рудоносные растворы – родоначальники разнотипных месторождений. Возможны оба случая, и степень родства и возрастные различия можно будет выяснить позднее. Пока важно одно – совместное нахождение двух поколений золотинок.

При "везении", а оно приходит к исследователю вместе с терпением и наращиванием количества наблюдений, обязательно удается установить последовательность нарастания одной генерации золота на другую

и убедиться, что первоначальное заключение было верным: обнаружено место встречи разновременно выделявшегося золота.

А вот какую долю внесет в общую копилку раннее и какую позднее золото – решать следует по соотношению массы того и другого.

Обычно одно из поколений золотинок составляет в месторождении основную массу ценного компонента, а второе – „золотой фон" или местные скопления. Но друг без друга обойтись они не могут. „Золотой фон" и скопления добавляют золото в природную кладовую и указывают на участки, где скрестились дороги продуктивных ассоциаций. Стало быть, это места разгрузки золоторудных растворов, благоприятные для отложения самородного золота.

Особняком часто стоят малоглубинные месторождения. Сложная специфическая обстановка их образования нередко приводит к тому, что не одно, а два-три поколения золотинок играют почти равные роли в создании месторождения. Значительный вклад могут внести и процессы регенерации, оставляя на нижних горизонтах месторождений обедненные руды.

Встречая в пробах, взятых на определенной площади, золотинки нескольких поколений как обособленные друг от друга, так и сросшиеся в единые выделения, минералог приходит к выводу о многократном проявлении здесь продуктивной минерализации.

Пока речь шла о золоте разных поколений, но одного глубинного уровня.

Не меньший интерес представляет пересечение путей золотинок, отлагавшихся на разных глубинных уровнях. Уже упоминалось о том, что медленно воздымающаяся золоторудная территория могла на определенном этапе развития испытать активизацию, сопровождавшуюся рудообразованием. Тогда на одном уровне или несколько выше более древних и более глубинных месторождений возникали малоглубинные золотые руды. Они не обязательно использовали те же тектонические структуры, к которым приурочено раннее оруденение, но могли располагаться в непосредственной близости к ним. Тогда в одном и том же участке встречаются золотинки не просто разных поколений – разных эпох.

Чтобы понять, с какими же геологическими структурами, породами, с какой минерализацией связаны золотинки разных эпох, поколений и типов, все сведения о них необходимо выносить на геологическую карту. Только тогда можно увидеть, где скрестились дороги золотинок, на каком участке они сошлись и где расстались, и от каких геологических образований тянется тропинка, проложенная каждым поколением.

Распознавание золотинок разных поколений может помочь и при выделении в пределах месторождений типов руд, различающихся по их минеральному составу и технологическим свойствам.

С этой целью важно выявить минералогическую зональность месторождений – закономерность распространения минеральных сообществ на

глубину (вертикальная зональность) и по горизонтали (латеральная). Очевидно, если месторождение вскрыто выработками и изучено настолько, что положение минеральных сообществ устанавливается прямыми наблюдениями, золотинки только подтверждают или отрицают полученные выводы. Но если степень изученности месторождения недостаточна, золотинки помогают наметить зоны, различающиеся по составу минерализации.

Помните лесенки между этажами?

По горизонтали, как и по вертикали, наиболее четко зональность проявляется в малоглубинных месторождениях, но при тщательных наблюдениях она обнаруживается и в более глубинных образованиях.

Удается использовать признаки разновременного отложения самородного золота и для того, чтобы узнать последовательность образования золотой минерализации отдельных месторождений и историю формирования оруденения на обширных территориях. Это наиболее целесообразно делать, когда совокупность остальных геологических и минералогических признаков не дает однозначной картины.

Следы нелегких испытаний

Можно ли извлечь реальную пользу из изучения преобразований золотинок?

Прежде всего, это один из признаков последовательности их отложения – ранние поколения, больше испытавшие на своем веку, сильнее изменены. Процессы метаморфизма, способствующие регенерации и переотложению тонкодисперсного золота, скоплению его в определенных местах, всегда задевают и более крупные золотинки, оставляя на них свои следы. Иногда к исследователю попадает слишком мало золотинок, чтобы уверенно различить среди них разные поколения. Но признаки интенсивных преобразований видны и их нельзя сбрасывать со счета – они показывают, что геологи вышли на место, достойное пристального внимания.

Не только подвижки земной коры в перерывах между стадиями рудного процесса, не только новые порции рудоносных растворов своим теплом и химическими воздействиями изменяют золотинки.

Бывает и так, что основная масса золота отложилась в течение одной поздней рудной стадии, но внедрившийся поблизости магматический расплав, постепенно остывая и образуя интрузивное тело, длительное время воздействует на месторождение своим тепловым полем. Месторождение находится в контактовом ореоле прогретых каменных толщ. Под влиянием потоков тепла изменяются золотинки – тем больше, чем они ближе окажутся к внедрившейся магме. В контактовом ореоле намечаются постепенно сменяющие друг друга зоны, каждая из которых различается по характеру преобразований золотинок. В одних зонах выделения самородного золота будут укрупняться, в других – рассеиваться. Застывшие магматические породы не обя-

зательно с течением времени освобождаются от всех перекрывающих толщ и выходят на поверхность, поэтому не всегда можно оценить, на каком расстоянии от границ интрузива залегают рудные тела.

Здесь на помощь опять могут прийти особенности золотинок – их преобразования, типичные для определенных зон.

Признаки внутрирудных изменений самородного золота указывают на гидротермальную проработку руд. Она способствовала многократному отложению золота, его регенерации и перегруппировке в пределах рудных тел.

Проявления регенерации и перегруппировки золота типичны и для зон контактового метаморфизма.

Обманчивое сходство

Несмотря на кажущуюся простоту языка золотинок, приоткрывающего тайны их рождения и жизни, отдельные вырванные из текста слова не всегда имеют определенное значение.

Необходимо знать фразы и даже целые абзацы, чтобы узнать желаемое.

Только в последние годы удалось прочитать не поддававшиеся расшифровке письмена.

В чем же заключались трудности и как удалось их преодолеть?

Вспомните, что в любом вопросе мы прежде всего искали закономерности – пытались установить, как особенности золотинок отражают условия их образования и дальнейших нелегких испытаний, выпадающих на долю золотых частиц. И закономерности или определенные тенденции, приближающиеся к закономерностям, всегда находились. Однако почти в каждом случае мы упоминали об исключениях. Это те самые исключения, которые подтверждают правила, но заставляют применять их не механически, а обдуманно.

Не только самородное золото, но и другие минералы не всегда позволяют читать свои признаки как открытую книгу.

Академик Ф.В. Чухров недаром подчеркивал, что использование признаков минералов в качестве индикаторных ограничивается явлением конвергенции. Оно заключается в том, что при формировании в разной обстановке у минералов возникают одинаковые признаки. Любая обстановка минералообразования складывается из множества условий – температуры, давления, химизма среды и т.п. И сочетания непохожих условий порой приводят к рождению минералов-близнецов.

Возможны и другие варианты – казалось бы,в разной геологической обстановке возникают в отдельных местах очень сходные физико-химические условия и как результат – появляются одинаковые признаки у золотинок.

Как же поступить, если обманчивое сходство мешает безоглядно довериться признакам, которые мы, на основании многолетних систематических наблюдений, считали индикаторными, относились к ним

как к надежным свидетелям условий возникновения и последующих изменений золотинок?

Правда, мы не забывали отмечать случаи изменчивости самородного золота, причем часто более значительной, чем это было известно раньше, и сходство целого ряда особенностей золота в рудных месторождениях, различающихся по условиям образования. Но как преодолеть такие препятствия?

Естественно возникает вопрос – каковы же пределы применения отдельных признаков золотинок в качестве индикаторных? Можно ли избежать ошибок и уверенно следовать установленным закономерностям?

Путь преодоления трудностей расшифровки неоднозначного языка золотинок один. Следует рассмотреть наиболее часто встречающиеся отклонения признаков самородного золота от типичных для тех или иных условий. При этом надо выяснить, что происходит с остальными особенностями золотинок: изменяются ли они или нет, а если меняются, то в чем и почему. И, наконец, составить целую совокупность признаков, которые, невзирая на нетипичное поведение ряда из них, позволили бы сделать верный вывод об условиях образования и дальнейших изменениях золотинок.

Начнем с исключений, встречавшихся нам при знакомстве с золотинками из месторождений различной глубинности.

Наши выводы о закономерных различиях золота были основаны на выделении наиболее характерных признаков и на привлечении некоторых статистических данных. Откуда можно почерпнуть сведения о возможной природе наблюдаемых отклонений? Прежде всего из анализа конкретной геологической обстановки, этой "каменной летописи", как называет ее С.Д. Шер, донесшей из глубины эпох свидетельства становления геологических структур и развития оруденения. И, конечно же, из пристрастного изучения всей совокупности признаков самородного золота.

Итак, какие же исключения встречаются при изучении пробы золота?

Значения ее порядка 750–800, присущие в подавляющем числе случаев золоту месторождений средних глубин, иногда вдруг появляются в месторождениях, которые геологи по сумме других признаков без колебаний относят к глубинным. Проба ниже 750, типичная для золота малоглубинных месторождений, отмечена в месторождениях как средних, так и больших глубин. Она наблюдается не только на отдельных участках, но порой и в пределах целых месторождений. При этом нетипичная проба обнаруживается у золотинок, лишенных признаков глубинных преобразований и относящихся к одному и тому же поколению.

Можно предположить, что пониженная проба и, соответственно, более высокие содержания серебра в этих случаях связаны с особенностями состава и эволюции рудоносных растворов. Но, к сожалению, представления об источниках рудного вещества рудных месторождений

золота пока гипотетичны, а формы его переноса остаются дискуссионными, и предложенное объяснение остается в сфере предположений.

А вот особенности внутреннего строения и состав примесей показывают, что золотинки действительно не подвергались метаморфическим преобразованиям. Следовательно, одна из причин развития в глубинных месторождениях низкопробного золота – отсутствие проявлений перекристаллизации, приводившей к удалению серебра из золотинок.

Каков же в целом комплекс признаков золота?

Средние содержания в нем серебра отличаются от типичных для месторождений больших или средних глубин не более чем на несколько процентов.

Остальные особенности состава, внутреннего строения выделений, их формы остаются полностью типичными для золотинок из месторождений определенной глубинности. Поэтому для ее обоснования могут быть использованы все ранее выявленные индикаторные признаки золота (включая дисперсию пробы) за исключением только пониженной пробы.

Нельзя исключить и возможность того, что нетипично низкая средняя проба может встретиться, если на одном уровне распространено оруденение с признаками формирования на различных глубинах. Известны глубинные месторождения, где наряду с характерным для них высокопробным золотом присутствует высокосеребристое с повышенными содержаниями примесей и зональной структурой. Низкопробное золото, судя по геологической обстановке, отложилось рядом с высокопробным значительно позднее, когда медленно и неуклонно поднимавшиеся каменные толщи были срезаны и разрушены, и глубинное оруденение приблизилось к земной поверхности.

Теперь посмотрим противоположные отклонения.

Когда проба золота малоглубинных месторождений превышает 800? Обычно это бывает только в отдельных участках месторождений. Обратившись к геологическим обстановкам, видим, что подобное явление встречается в двух случаях: при метаморфических преобразованиях руд и в рудах, несущих золото-теллуридную минерализацию.

О том, что проба возросла в процессе метаморфизма, говорят признаки перекристаллизации золота. К ним относятся, наряду с потерей части серебра, вынос из золотинок еще некоторых более летучих примесей (ртути, мышьяка, сурьмы); повышение содержаний меди, железа, свинца, проникающих во внешние слои золотинок из окружающих рудных минералов; преобразование структуры: зональность утрачивается или остаются фрагменты зон, неясные эпигенетические зоны. Обычно тут же присутствуют золотинки более низкопробные, со стандартным набором примесей и зональным строением.

Высокая проба золота в малоглубинных месторождениях золото-теллуридного минерального типа связана с более интенсивным осаждением золота (по сравнению с серебром) вместе с соединениями теллура, что объясняется их геохимическими свойствами.

Высокопробное золото образуется и при распаде теллуридов золота – минералов, представляющих собой интерметаллические соединения. Это уже обусловлено кристаллохимическими особенностями теллуридов. Энергетически более выгодно образование кристаллов золота изометричной формы. Они действительно наиболее широко распространены в участках золото-теллуридных месторождений с высокопробным золотом. При разложении теллуридов иногда вырастают и нитевидные кристаллы.

Таким образом, признаками формирования золото-теллуридных месторождений на малых глубинах следует считать совместное присутствие изометричных и нитевидных кристаллов золота. Характерно присутствие в них примеси теллура. А для месторождений в целом типично необычное распределение пробы – с пиками частот встречаемости как в области высоких, так и в области низких ее значений. Это связано с тем, что в рудах развито золото высокопробное и более низкопробное, отлагавшееся из рудоносных растворов вне связи с теллуридами.

Но, помимо средней пробы, есть еще одна характеризующая ее величина – оценка дисперсии. Она тоже иногда может оказаться нетипичной. Чтобы не попасть на ложный путь, для подобных случаев подбираются свои совокупности индикаторных признаков, позволяющие оценить глубинность рудообразования.

Для золота глубинных и среднеглубинных месторождений дисперсия пробы может вдруг резко превысить критическую.

Это случается, если на одном гипсометрическом уровне присутствует оруденение различной глубинности. Наблюдались подобные отклонения и при неравномерной, проявленной в ограниченных участках, перекристаллизации золота. Повышенная дисперсия пробы отмечена в среднеглубинных месторождениях в местах совместного нахождения золота разных поколений.

Обратная картина – снижение дисперсии пробы ниже типичной величины в месторождениях малых глубин проявляется обычно в ограниченных участках и может быть вызвана двумя основными причинами. Одной из них служит образование высокопробного самородного золота, отлагавшегося с теллуридами или образованного за счет распада теллуридов. Дисперсия бывает незначительной,если в этих участках нет низкопробного золота, выпадавшего непосредственно из растворов. Как распознать природу отклонения, сказано выше, при рассмотрении пробы.

Кроме того, дисперсия заметно понижается, если в отдельных участках месторождения условия образования минералов более стабильны, чем это обычно бывает на малых глубинах. Об этом свидетельствует слабая неоднородность выделений низкопробного золота при отсутствии признаков его метаморфизма.

Если от типичных для золота определенной глубинности отклоняются содержания и состав элементов-примесей, то, в первую очередь, в этом повинна геохимическая специфика территории.

Есть обширные площади, где для золота характерны высокие содержания и постоянное присутствие ртути, сурьмы или других элементов;

известны и области, в которых ряд примесей более редко, но достаточно систематически встречается в золотинках. Такие особенности хорошо знают геологи и минералоги и учитывают в своих выводах. О глубине оруденения вам расскажут остальные особенности золотинок.

К расширению набора примесей в самородном золоте и повышению их концентраций может привести сложное, многостадийное и многоэтапное формирование месторождений и, особенно, совмещение на одном уровне оруденения различной глубинности.

В этих случаях глубинность месторождений должна определяться с учетом признаков выделения золота в разные стадии рудного процесса и на разных глубинах.

Отклонения содержаний примесей от типичных наблюдались также в участках с проявлениями контактового метаморфизма руд. В таких местах обычно и остальные особенности самородного золота несут признаки изменений в земных глубинах.

Мы рассмотрели отклонения от типичного для месторождений определенной глубинности только состава золотинок.

А ведь есть еще такая важнейшая их особенность, как внутренняя структура, и такие дополнительные признаки, как формы и размеры частиц. И интересует нас не только глубина рождения золотинок, но и принадлежность их к одному или нескольким поколениям, и характер перенесенных преобразований.

Когда в месторождениях малых глубин низкопробное золото незонально, геологическая обстановка подсказывает нам две причины этого явления. Иногда зоны не возникают из-за кристаллизации в достаточно стабильных условиях. Они проявляются в отдельных участках, например, на нижних горизонтах месторождений. О такой относительно устойчивой обстановке нам говорит присутствие ограниченного числа минеральных сообществ, несущих золото, и небольшое число разновидностей самородного золота (золото-серебряных фаз).

Минеральный состав относительно беден и рудные минералы более однородны, чем на других горизонтах месторождения. Состав самородного золота и характер распределения содержаний в нем серебра остаются типичными для малоглубинных месторождений.

Второй случай – утрата зон в процессе перекристаллизации. При этом состав и содержание примесей могут претерпевать изменения, а внутреннее строение золота, как правило, обнаруживает ряд дополнительных признаков преобразований, таких как появление реликтовых структур, дезинтеграции и т.п.

Другие особенности структуры золота – зернистость его агрегатов и двойникование – в значительной мере связаны с размерами и формой частиц, которые весьма изменчивы. Мелкозернистые структуры, в целом характерные для золота малоглубинных месторождений, известны и в месторождениях больших глубин с достаточно крупным, но морфологически сложным золотом. Они присущи также мелкому золоту месторождений различных глубин. Напротив, крупное морфологически простое золото малоглубинных месторождений может иметь крупнозернистые

структуры. Более интенсивное развитие двойников с появлением двойников прорастания, обрывающихся внутри зерен, также нельзя абсолютизировать, как это иногда делают, в качестве признака золотин малоглубинных формаций. Полисинтетические двойники и двойники прорастания наблюдаются в рудном золоте с признаками частичной перекристаллизации и в месторождениях больших глубин.

Очевидно, что одним из признаков в комплексе показателей глубинности оруденения может служить только преобладание у золота определенного типа зернистости, степень развития двойников и сложность их формы на месторождении в целом.

Широко распространенное проявление конвергентности золотинок – сходство их формы и размеров.

То, что видимые выделения золота кристаллизуются в конечные периоды образования минеральных сообществ, сказывается на их форме. Очень часто она зависит от характера вмещающей среды – наличия трещин, пустот выщелачивания, легко замещаемых минералов. Эта же причина в определенных случаях влияет и на размеры золотинок.

Поэтому в рудах, образовавшихся на разных глубинах, встречается широкий набор форм золота. И хотя отмечено преимущественное развитие тех или иных форм в месторождениях различной глубинности, эта тенденция не всегда выдерживается. Вариации условий роста, связанные с характером среды, могут в отдельных случаях привести к преобладанию форм и размеров частиц, не типичных для золота данных глубинных уровней. Они не сопровождаются изменением других особенностей самородного золота (пробы, внутреннего строения).

Иногда распространение золота с несвойственными данной формации размерами и морфологией выделений не может быть объяснено характером вмещающей среды: например, преобладание кристаллов золота в трещинных полостях и интерстициях зерен жильных и рудных минералов в месторождениях относительно больших и средних глубин; преимущественное развитие трещинных форм и крупных выделений золота в малоглубинных месторождениях. В этих случаях остальные особенности золота обычно имеют признаки, указывающие на его перекристаллизацию (реликтовые структуры, цементация и т.п.), сохраняя в то же время свое значение в качестве показателей глубинности оруденения (специфика состава, признаки зональности).

Таким образом, устанавливается многообразие причин, вызывающих отклонения особенностей самородного золота от типичных для месторождений определенной глубинности.

Основными из них являются совмещение на одном гипсометрическом уровне оруденения различной глубинности, многостадийное формирование золотого оруденения, метаморфические преобразования, местные изменения условий минералообразования, региональная геохимическая обстановка.

Только на основании анализа всего комплекса признаков, характеризующих самородное золото, его особенности можно рассматривать в

качестве показателей глубины формирования золотой минерализации.

Признаки, типичные для золотинок разных поколений, тоже не всегда однозначны.

В основном отклонения от установленных закономерностей встречены у золотинок малоглубинных месторождений. Изменчивость условий рудообразования даже в течение одной стадии рудного процесса приводит в отдельных случаях к отложению в разных участках месторождений золота со статистически значимыми различиями концентраций серебра и других примесей и высокими их дисперсиями.

В месторождениях больших и средних глубин высокая степень изменчивости состава золота в минеральных сообществах одной стадии рудообразования крайне редка (например, значимые различия средней пробы золота на флангах и в центральной части отдельных месторождений).

На природу конвергенции в таких случаях указывает отсутствие признаков разновременного выделения золота.

Нетипичное поведение элементов-примесей бывает, как и следовало ожидать, связано с региональной геохимической обстановкой.

Так, в золотоносных минеральных сообществах, относящихся к разным стадиям рудного процесса, но одинаковых по характеру минеральных ассоциаций, состав и содержание в золотинах примесей, за исключением серебра, могут быть одинаковыми. Признаками, указывающими на разновременное отложение золота, в таких случаях служат статистически значимые различия содержаний серебра и характер внутреннего строения золотин.

Особенности, аналогичные тем, по которым отличают золотинки разных поколений, возникают и при перекристаллизации одновозрастных золотинок. Это происходит путем выноса из них серебра и летучих примесей и проникновения некоторых элементов в золото из рудных минералов.

В результате распределение содержаний примесей в золотинках отклоняется от нормального, возрастает дисперсия их содержаний и в разных участках рудного тела золотинки одного поколения имеют значимые различия пробы.

Большей частью мы считаем, что несмотря на различия состава, перед нами золотинки – ровесники, опираясь на наблюдения над их внутренним строением.

В подавляющем большинстве случаев для такого вывода достаточно убедиться, что полностью отсутствуют структуры, говорящие о неоднократном отложении золота.

Следует еще раз подчеркнуть, что в зависимости от конкретной геологической обстановки условия минералообразования могут значительно варьировать. Поэтому окончательное решение вопросов о стадийности рудного процесса возможно только при анализе всей совокупности геолого-минералогических данных.

Кроме глубинности образования руд и сложной последовательности

отложения золота, есть еще один важный процесс формирования месторождений, накладывающий отпечатки на особенности золотинок. Это – метаморфические преобразования руд.

Сейчас уже установлены основные виды изменений внутреннего строения золота в рудах. Выделены специфические структуры, возникающие при изменениях определенного исходного внутреннего строения, и сквозные, образующиеся при преобразовании целого ряда структур. Но расшифровать эти структуры так, чтобы перевести их речь на язык геологии, не всегда просто.

Одинаковые изменения происходят при воздействиях повышенных температур и давлений. Не всегда можно различить структуры золота, возникшие при нагревании горячими растворами, проникающими в руды, или тепловыми полями огнедышащей магмы.

Наиболее трудно распознать природу структур рекристаллизации.

В искусственных сплавах и при экспериментах с самородным золотом подобные структуры возникают при нагревании и последующем быстром охлаждении.

В природной обстановке вступает в действие новый могучий фактор – геологическое время. Оно позволяет проявиться процессам, которые в короткие сроки реализуются только в определенных условиях – например, при быстром охлаждении после нагревания. Так, в месторождениях больших и средних глубин за сотни миллионов лет структуры рекристаллизации возникали в золотинках в участках механических деформаций руд. Отличить эти структуры от тех, что появляются при нагревании, пока не удается.

А вот в малоглубинных месторождениях структуры такого рода типичны для золота из зон контактового и гидротермального метаморфизма. Это связано, вероятно, с тем, что на малых глубинах существовали условия для быстрого охлаждения после прогрева.

Для того, чтобы судить о типе метаморфизма, изменившего руды и заключенные в них золотинки, нужно не забывать об анализе геологической обстановки. Лишь в качестве дополнительных признаков могут выступить особенности золота, отражающие различия в степени его преобразований и распространении их в пределах месторождения.

К таким особенностям относится проба золота. Там, где руды переработаны внутрирудными горячими растворами, проба золотинок ранних поколений повышается, а размах колебаний пробы несколько снижается.

Если же посмотреть среднюю пробу вместе взятых ранних и поздних золотинок, то распределение частот ее встречаемости становится более сложным, а дисперсия возрастает. Средняя проба может оказаться ниже, чем проба раннего золота, за счет более серебристого позднего.

При послерудном контактовом метаморфизме проба повышается у золотинок всех поколений. В зависимости от величины внедрившихся в породы магматических тел и от расстояния от них руд происходит

определенный вынос серебра за пределы золотинок. Поэтому средняя проба повышается и у золота на месторождении в целом. Характерно развитие некоторого количества самородного золота весьма высокой пробы (940–999).

Что касается внутреннего строения золотинок, то в участках гидротермальной переработки руд оно обусловлено разновременным отложением золота из растворов и более сильным преобразованием структур раннего золота.

Для золота в контактовых ореолах магматических тел типичны структуры, связанные с длительными и интенсивными метаморфизующими воздействиями: обилие кристаллов, широкое развитие регенерационных кайм, мощных периферических зон, обедненных серебром.

Дополнительными признаками значительной степени глубинных преобразований могут служить: наличие больших участков или сплошных проявлений структур рекристаллизованных, реликтовых; отсутствие зон роста и их фрагментов; появление структур, напоминающих структуры распада твердого раствора – сотовых, петельчатых, эмульсионных, графических.

Таким образом, взятые отдельно, изолированно от всей совокупности, особенности золотинок не всегда служат в качестве индикаторных признаков. Только совокупности признаков раскрывают условия образования руд.

Мы отметили целый ряд причин, повинных в том, что из закономерностей, установленных для особенностей золотинок разного происхождения, бывают исключения. Одни из них могут быть определены достаточно уверенно: глубинные преобразования золота; местные изменения условий рудообразования; региональная геохимическая обстановка. Другие в настоящее время остаются в области гипотетических представлений – состав золотоносных растворов, эволюция их в процессе рудообразования.

Истолкование природы наблюдаемых исключений оказывается возможным в силу двух обстоятельств: 1) отклонения от установленных закономерностей обычно бывают одновременно проявлены только у части особенностей самородного золота; 2) сам характер изменения признаков золота подсказывает, какие процессы их вызывали – кристаллизация в различной среде, многократное отложение золота, его перекристаллизация.

Каждому известному или вероятному случаю отклонения какого-либо признака золотинок от типичных для определенных условий их жизни противостоит целый комплекс других признаков, помогающий воссоздать обстановку рудного процесса. Каждое непонятное слово вписывается в конкретный текст и получает совершенно определенное значение.

Обманчивое сходство могут обнаруживать не только признаки, приобретенные золотинками в земных глубинах.

Ошибки подстерегают некомпетентного или просто невнимательного исследователя при изучении первичного и вторичного золота – иногда они бывают удивительно похожими. Распознать преобразования, полученные золотинками в земных недрах и благодаря процессам, происходящим в зоне окисления и в россыпях, обычно значительно проще.

И, хотя камней преткновения в подобных случаях значительно меньше, чем при изучении только глубинных признаков, их также надо уметь обойти, чтобы правильно понять язык золотинок.

Хотя, казалось бы, ничего общего в условиях образования золотинок на глубине и на поверхности нет, сходство выделений самородного золота разного происхождения иногда более значительное, чем нам хотелось бы.

Золото, родившееся в поверхностных условиях (вторичное и "новое"), обладает характерными признаками. Это прежде всего формы выделений: в виде мелких и мельчайших кристаллов, дендритов; тонких пленок самых разных очертаний; в виде натеков, ажурных губок, нитевидных наростов, похожих на стелющиеся или спутанные в клубок водоросли. Сложение агрегатов, составленных золотинками, натечное, землистое, почковидное, колломорфное, с прихотливо изогнутыми криволинейными границами.

Структуры золотинок кристаллические, тонкозернистые, пористые, очень неоднородные по распределению серебра и других примесей. Очень широко варьируют значения пробы и состав примесей. Все это обусловлено образованием золота при низких давлениях и температурах из разнообразных растворов. Они могут быть истинными и коллоидными. По мере просачивания через пористые и трещиноватые окисляющиеся руды и сквозь рыхлые речные отложения состав растворов быстро изменяется; варьирует и окислительно-восстановительная обстановка. И вот в этой чрезвычайно изменчивой среде возникают золотинки, ряд признаков которых – форма, мелкая зернистость, неоднородность структуры, высокая проба – бывают весьма близки к особенностям золота близповерхностных месторождений. Это расценивается как проявление конвергенции, но, возможно, на верхних горизонтах малоглубинных месторождений условия минералообразования имеют и некоторые общие черты с поверхностной зоной. Внешне трудно отличимы от первичного золота мелкие кристалы низкопробного "нового" золота в россыпях, нитевидные и кристаллические выделения вторичного золота в зонах окисления месторождений.

Сходными с морфологией первичного золота являются формы выделений вторичного золота в трещинах и интерстициях зерен первичных минералов: пленочные, чешуйчатые, комковидные, ячеистые. Здесь определяющую роль играет не происхождение золотинок, а конфигурация

пустот. Они заполняются отлагающимся золотом как детские формочки песком, принимая их очертания.

Следовательно, отдельно взятые признаки первичного и вторичного золота не могут служить для распознавания их происхождения.

Нужно опять обращаться ко всему набору особенностей самородного золота. В нем всегда можно отыскать признаки, характер которых тесно связан с разной природой золотинок.

Так, четкие зональные структуры, широко распространенные у низкопробного золота в малоглубинных месторождениях, для вторичного золота не типичны.

Вторичное и "новое" золото отличается по типу своей неоднородности. Распределение серебра в пределах золотинок пятнистое, субграфическое, петельчатое, эмульсионное, иногда отчетливо многофазное. Зональность тоже проявлена, но чрезвычайно неясно и не только у низкопробного золота, но и у частиц любой пробы. Выявить слабую зональность удается только с помощью микрозондирования; при травлении срезов золотинок она не обнаруживается. Все эти неоднородности возникают путем перераспределения в поверхностных условиях концентраций золота, существовавших в первичных рудах, а также в результате выпадения золота из коллоидных растворов при коагуляции гелей. Такой механизм образования приводит к появлению важного индикаторного признака, присущего вторичному золоту – почковидных субмикроскопических скульптур поверхности золотинок.

Механизм образования вторичного золота предопределяет резкую изменчивость содержаний в нем других, помимо серебра, элементов-примесей. В зависимости от состава окисляющихся руд, состава и концентрации циркулирующих растворов, кислотно-щелочной обстановки и других факторов минералообразования, вторичное золото может почти не содержать малых примесей или обладать обширным их набором. Золото, возникшее в глубинных условиях, имеет более постоянные состав и содержание примесей.

Еще один чрезвычайно важный отличительный признак – присутствие (или, напротив, отсутствие) газовых включений.

Когда в земных глубинах падает давление, вскипают рудоносные растворы и начинается активное отложение минералов, к поверхности растущих золотинок прилипают пузырьки углекислого и других газов. Они оказываются законсервированными в золоте и помогают потом исследователям узнать, каким был состав рудоносных горячих вод. Во вторичном золоте, даже в местах скопления крупных его выделений, газовые включения не встречены. По-видимому, причиной этому служат низкое (атмосферное) давление, при котором не происходит вскипания золотоносных растворов, а также большая роль в переносе золота коллоидных растворов.

Наиболее надежные данные о происхождении самородного золота могут быть получены из анализа минеральных сообществ: если наблюдаются признаки одновременного отложения золота с вторичными ми-

нералами, можно утверждать, что золотинки имеют гипергенную природу. Если же золото просто образует сросток с гипергенными минералами, не исключено, что это остаточное выделение, а минералы преобразованы в зоне окисления, но не испытали переотложения.

Наблюдения над взаимоотношениями гипергенного и остаточного золота, вторичного золота и вторичных минералов и исследование комплекса особенностей золотинок делают выводы о его происхождении однозначными.

Целый ряд похожих образований развивается у золотых частиц при изменениях их на земной поверхности и в глубинах. В той и другой обстановке на золотинках возникают высокопробные каемки. Обедненные серебром линзовидные прожилки появляются в центральных частях выделений; образуются сложные двойники и структуры рекристаллизации. Однако при детальном рассмотрении довольно легко заметить различия глубинных и поверхностных изменений. Все новообразования приобрели признаки, обусловленные физико-химической обстановкой, в которой они возникли.

В глубинной обстановке возникновение на золотинах высокопробных кайм связано с метаморфизмом и обусловлено диффузией примесей из периферических слоев золотин.

При интенсивном метаморфизме (при температурах выше 600°С), по данным В.Г. Моисеенко, на поверхности золотин образуются регенерационные каймы чистого золота. Строение их незернистое, границы с золотинами равновесные. При более низких температурах каймы, напротив, нередко обогащены серебром. Оно перемещается на поверхность золотинок, но не выносится за их пределы – недостает тепла.

Широкое развитие при метаморфизме имеют также обедненные серебром периферические зоны, повторяющие конфигурацию золотин и отдельных зерен в зернистых агрегатах золота. Четких фазовых границ зоны не имеют, строение их незернистое, а состав коррелируется с составом неизмененного золота – они имеют несколько более высокую пробу.

Перекристаллизация остаточного золота с образованием высокопробных кайм в поверхностных условиях также начинается по периферии золотин, но под влиянием иных воздействий.

Повышение температуры системы за счет теплового эффекта реакции окисления сульфидов не является основной причиной перекристаллизации и может лишь способствовать ей в ограниченных участках золотин.

Механические деформации поверхности золотин приводят к возникновению множественных центров рекристаллизации, а это способствует образованию мелкозернистой структуры оболочки. Перекристаллизация внешнего слоя способствует удалению из него серебра.

Выщелачивание серебра создает пористую высокопробную оболочку с резкими коррозионными границами.

Самодиффузия серебра с поверхности золотин ускоряет процесс растворения.

Таким образом, структуры поверхностной перекристаллизации остаточного золота чаще всего имеют, в силу их природы, особенности, отличные от структур глубинной перекристаллизации.

Одинаковыми являются лишь структуры рекристаллизации.

Распознать их происхождение можно по некоторым косвенным данным. Там, где у рудного золота практически неизвестны или слабо проявлены полиэдрическизернистые структуры, они не типичны для золотин из россыпей. Если в рудных месторождениях для золота характерна полиэдрическая зернистость, она часто наблюдается и в близлежащих россыпях. Можно поэтому предположить, что полиэдрическизернистые структуры рекристаллизации возникают в основном в глубинных условиях.

Напротив, развитие структур рекристаллизации с угловатыми неправильными зернами и двойниками прорастания в золоте рудных месторождений и прилегающих к ним россыпей коррелируется далеко не всегда. Такие структуры могут отсутствовать у золотинок в коренных месторождениях и зонах окисления и быть широко распространены в россыпях. Резкое возрастание степени рекристаллизации в россыпном золоте по сравнению с рудным (той же разновидности) свидетельствует в пользу преобразований в поверхностных условиях.

Практическое значение таких признаков трудно переоценить. Они помогают по особенностям золотинок, найденных на поверхности, определять типы коренных источников, узнавать, где они расположены, прямо ли из руд попадали золотинки в россыпь или путь их был сложным, многоступенчатым — словом, получить наибольшую информацию от небольшого числа золотых крупинок.

Посмотрим, как это делается.

КАКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИСКАТЬ?

Мы уже сталкивались с похожей задачей, когда говорили о золотинках из месторождений, сформировавшихся на разных глубинных уровнях. Сейчас нам стала известна одна очень существенная деталь — вопрос о глубинности следует задавать только остаточным золотинкам, где бы они ни находились, в зоне окисления или уже в россыпях. Там, получив название россыпного золота, они по своей сути продолжают быть остаточными, т.е. оставшимся непреобразованным до конца рудным золотом. Вторичное золото никаких видимых воспоминаний о глубине рудных месторождений не сохраняет, разве что может подсказать, что в них существенную роль играло тонкодисперсное золото в сульфидах, теллуриды или таких минералов было немного.

Изучение признаков остаточного золота для того, чтобы определить глубинность месторождений и последовательность их формирования (этапность, стадийность), принципиально не отличается от исследования с теми же целями золота, полученного из руд, не затронутых вторичными изменениями.

Нужно только обращать внимание на непреобразованные, остаточные, участки золотинок, оставляя "за скобками" высокопробные межзерновые прожилки и коррозионные оболочки и с большой осторожностью подходя к структурам рекристаллизации. Определению глубинности они не помешают, а вот спутать признаки стадийности и метаморфизма с признаками вторичных изменений – могут.

Главные из индикаторных особенностей – пробу, элементы-примеси, наличие или отсутствие зональности, – можно выявить даже по небольшим реликтам остаточного золота, окруженным густым кружевом гипергенной коррозии.

Конечно, если анализировать измененные золотинки целиком, содержания примесей в них будут меньше, чем в неизмененном золоте. Из коррозионной оболочки выщелачивается не только серебро, но и другие элементы. Исключение составят концентрации меди и, может быть, железа. Они накапливаются путем хемосорбции в коррозионном слое.

Поэтому по составу золотинок из россыпей иногда бывает трудно судить о минеральном типе месторождения.

Однако коррозия далеко не всегда интенсивна, а реликты эндогенного золота так малы. Во многих случаях соотношения как раз обратные, и элементы-примеси исправно служат дополнительными показателями возможного минерального типа месторождения и региональной геохимической обстановки.

Всегда ли следует удовлетвориться тем, что найдено самородное золото в россыпи – в русле или на невысоких террасах по склонам долины, – и по особенностям золотинок установлено, какие золоторудные месторождения надо искать?

За время существования земной коры она в пределах района претерпела сложные воздействия глубинных сил и оказалась разбитой на отдельные блоки. Земля продолжала дышать, поднимая и опуская отдельные блоки. На ее поверхности субтропические леса сменялись хвойными, наступали и уходили ледники. Выступающие на поверхность породы изменялись процессами выветривания; возникали коры выветривания, покрывающие обширные площади (площадные), и коры выветривания вдоль тектонических нарушений – разломов, разделяющих блоки и разбивающих и дробящих толщи пород (линейные).

Древние реки размывали кору выветривания, несли и откладывали перемытый обломочный материал, образуя речные отложения – аллювий. Когда дыхание Земли замирало и реки прекращали пропиливать долину, выветриванию подвергались их отложения. Новая активизация недр – новое врезание водотоков – размыв кор выветривания и аллювия. При этом в речные отложения могло поступать золото – из кор выветривания, из "свежих" врезов в бортах и днищах долин, из перемытого аллювия.

При освоении новых территорий совсем небезразлично знать, откуда взялось золото и где оно еще может быть.

На территориях распространения россыпной золотоносности очень часто в молодых россыпях встречается "древнее" золото – золотинки, поступившие в россыпь давно и нередко прошедшие сложный путь с чередованием неоднократных перемещений и периодов покоя. Это серьезное предупреждение о том, что в районе, помимо молодых россыпей, могут быть и более древние, расположенные на высоких террасах, уцелевшие от размыва при врезании долины.

Так как россыпные золотинки несут в ряде случаев признаки неоднократных перемещений и пребывания в покое, возможно присутствие не одного, а нескольких уровней древних террас, служивших промежуточными источниками питания россыпей. Сколько золота отдает каждый из них в молодую россыпь на том или ином участке долины, опять-таки точнее всего расскажут золотинки – стоит лишь сравнить соотношение частиц, различающихся по времени поступления их из коренных источников и по числу возобновлявшихся передвижений.

ПО СЛЕДАМ ЗОЛОТИНОК

Пускаясь в неведомый путь по земной поверхности, золотинки приобретают все больше новых признаков, повествующих об их передвижении.

Пройти по следам золотинок – значит понять многое из того, что другим путем узнать трудно или невозможно.

Следы золотинок могут быть оставлены в виде беспорядочно рассеянных частиц или вытянуты часто в прерывистые, но ведущие в определенном направлении тропинки-ложки. Тропинки сливаются в дорожки, выбегают на большую дорогу, а она приводит к главной трассе – долине крупной реки. Ложок – ручей – речка – река... А дальше и морской пляж, и залив.

Даже рассеянные золотинки способны рассказать, из каких месторождений они взялись, одинаковым или разным было их происхождение, скрещивались ли их пути-дороги.

Золотинки с проторенных дорожек поведают то же самое, но расспрашивать их будет легче. В россыпях скапливается больше частиц самородного золота, характеризующих обширные участки – площади сноса. Прослеживая от склоновых россыпей до больших долин особенности золотинок и их изменения, нанося эти сведения условными знаками на геологические карты, можно наметить местоположение источников, питавших россыпи золотом, увидеть приуроченность их к определенным геологическим структурам и зонам минерализации и установить закономерности распространения на изученной территории.

Чем ближе участок россыпи к коренному источнику, тем золотинки крупнее, окатанность их слабее; чаще встречаются сростки самородного золота с кварцем другими минералами; меньше корродирована поверхность. Но это еще не значит, что коренной источник представляет собой рудное месторождение. Это могут быть разрозненные рудные тела,

отдельные рудопроявления. Все вместе они в состоянии насытить россыпь золотом, но в отдельности не имеют промышленной ценности.

Наиболее благоприятные условия для питания протяженных россыпей бывают, когда долина не пересекает зону с золотоносной минерализацией, а проходит вдоль нее. В таких случаях во всей россыпи наряду со значительно измененным при переносе золотом, поступившим из верхних по течению участков долины, встречаются и слабо преобразованные частицы.

Существуют целые провинции, где золотинки не уносятся далеко от коренных источников. Но значительно чаще они перемещаются на сотни метров и километры, а мелкие частицы – и на десятки километров от места своего рождения.

Самородное золото не распределяется равномерно на всем протяжении россыпи. Самые крупные кусочки перемещаются слабее, самые мелкие передвигаются наиболее далеко. В соответствии с этим различают головные, срединные и хвостовые участки россыпей.

Головные, расположенные ближе к источнику питания, участки россыпей часто наиболее богатые, хвостовые – бедные. Однако не следует забывать о многообразии природных факторов, способствующих образованию скоплений россыпных золотинок. Обычно вблизи коренных источников практически не встречаются хорошо окатанные золотинки. Но иногда вдруг в ложке появляется много окатанных золотинок. Тут уже надо задуматься – не размывает ли ложок древнюю россыпь, не перехватила ли одна долина у другой в процессе своего врезания часть притоков вблизи водораздела. Сеть речных долин перестраивается, углубляется, перехватывает у соседок верховья и притоки. И минералог делает свои выводы, обязательно опираясь на анализ карт, геологических и геоморфологических, отображающих геологическое строение территорий и обусловленный им рельеф. Наилучшие результаты получаются при комплексных исследованиях, когда минералоги, геологи и геоморфологи работают вместе и вместе обсуждают все новые данные.

АРБИТРЫ В СПОРАХ

Познакомившись с особенностями золотинок и совокупностями их признаков, можно убедиться, что они в состоянии служить для поисков золоторудных месторождений и территорий распространения россыпной золотоносности.

Но и это еще не все их достоинства.

Бывают случаи, когда они ставят точку в спорах исследователей, и только золотинки отвечают на вопросы, десятилетиями составлявшие предметы жарких дискуссий, то затихавших, то вспыхивавших с новой силой среди тех, кто посвятил себя науке о самородном золоте и его месторождениях.

Один из многих дискуссионных вопросов – следующий.

РАСТУТ ЛИ САМОРОДКИ В РОССЫПЯХ ?

Самородки, особенно крупные, чаще всего встречаются в россыпях. Казалось бы естественным: чем больше масса золотинок, тем труднее увлечь ее водному потоку вместе с обломками легких горных пород. И вот они вымываются, переносятся от того места, где разрушалась жила, а самородное золото движется медленнее, путь его короче, а у гигантов и вовсе недалек.

Но почему крупные самородки находят в коренных месторождениях чаще всего в верхних частях жил, в зонах окисления? Может быть, они там и образуются?

Вспомните вертикальную зональность месторождений. Чем глубже уходит рудное тело, тем больше мелкого золота. Не отдельные случаи – закономерность, а исключения, как и полагается, ее подтверждают. Правда, крупное золото развито и на верхних горизонтах слепых рудных тел, не выходящих на поверхность и не затронутых процессом окисления.

И вот уже многие десятилетия минералоги и геологи делятся на два лагеря. Представители одного лагеря доказывают, что крупные выделения самородного золота отлагаются в рудных месторождениях, сторонники другого уверены, что самородки образуются в поверхностных условиях – в зонах окисления и даже в россыпях.

Возможность укрупнения самородного золота в поверхностной обстановке доказана. Поэтому во второй гипотезе нет ничего невероятного. Оставалось только одно – найти неоспоримые доказательства. Их не хватало сторонникам обеих точек зрения.

Но ведь первичное, рудное, и вторичное, гипергенное, самородное золото отличается по совокупности признаков. Теперь, когда они известны, на арену спора с полным правом выступают золотинки, пусть их гигантские размеры таковы, что это уменьшительное название мало им подходит.

Итак, о чем рассказывают самородки?

Впервые, изучив мелкие самородки из россыпей, Н.В. Петровская обратила внимание на то, что внутреннее строение и состав самородков из руд и россыпей одинаковы. Только тонкий приповерхностный слой россыпных самородков был изменен в результате окатывания и коррозии.

В дальнейшем на основании огромного фактического материала, собранного нами и целым рядом исследователей, подтвердилось: да, почти всегда самородки из коренных месторождений, в том числе из неизмененных руд и из зон их окисления, а также из связанных с ними россыпей имеют одинаковые признаки. Нет никаких оснований считать, что условия и механизм образования самородков были различными.

Вот самородок из зоны окисления. На его полированном срезе вытравливается структура, типичная для самородного золота с глубоких, не затронутых поверхностными изменениями, горизонтов рудного месторождения: два ряда неправильных зерен тянутся друг другу нав-

стречу от стенок трещины в кварце, смыкаясь в центре по неровной границе. Та же конфигурация зерен, одинаковый характер двойников, равная проба. Только в самородке из зоны окисления иногда развиты межзерновые высокопробные прожилки, да порой – отдельные зародышевые коррозионные зерна. Перейдем к россыпи, берущей начало от коренного месторождения. В ее верховьях самородки практически неотличимы от тех, что встречены в зоне окисления, только их значительно больше (за счет размыва верхних горизонтов окисленных руд), да тонкие отростки примяты. Ниже по течению возрастает окатанность самородков, вернее их участков, освобожденных из вмещающих минералов. От этого изменяется форма, увеличивается толщина коррозионного слоя, появляются зоны трансляций, участки рекристаллизации. Но в центральных, не затронутых изменениями, частях самородков сохраняются все те признаки, которые были у рудного золота.

Взаимоотношения самородного золота с вмещающими минералами, в первую очередь с кварцем и сульфидами, совершенно одинаковы в рудных и россыпных самородках. Самородки, покрытые корочками вторичных минералов железа, встречаются далеко не во всех зонах окисления и россыпях. Установлено, что такие железистые корки – "рубашки" легко отслаиваются с поверхности самородков, обнажая жильный кварц с прожилками золота или самородное золото. Свежий кварц и неокисленные сульфиды, равно как и другие первичные минералы руды, нередко бывают заключены внутри самородков.

Самородки и крупные золотины в зоне окисления и в россыпях имеют газовые и газово-жидкие включения – остатки рудоносных растворов; их нет во вторичном золоте. Состав газов во включениях (отсутствие в них кислорода, соотношение инертных газов и т. д.) указывает, что происхождение их не атмосферное, а глубинное.

Структура выделений, проба, состав, содержание примесей, газовые включения... Что же еще? "Еще" заключено в оговорке "почти всегда".

Бывают самородки, выросшие совсем иначе.

Об одной из таких возможностей говорят ряд участников дискуссии – случается укрупнение выделений золота за счет переотложения в зоне окисления тонкодисперсных золотинок. Правда, нужны высокие содержания такого золота в большом количестве сульфидов или скопления теллуридов золота, чтобы минералы, его несущие, легко разлагались, а освободившегося золота оказалось достаточно для образования самородков. И должны быть геохимические барьеры, не позволяющие растворам уносить золото. Необходимо сочетание многих факторов: климатических (наличие тепла, воды), физических, химических, чтобы самородное золото, нарастая вокруг центров кристаллизации, сформировало единое целое – самородок. Редко, но такие условия возникают.

Самые большие, точно диагностированные как вторичные, самородки обнаружены С.В.Яблоковой. Размеры их достигали 20 мм в поперечнике. Внутреннее строение самородков разительно отличалось от строения рудных золотин и было совершенно идентичным структуре вторичного золота. Различались проба, распределение примесей; были

признаки одновременного выделения, переслаивания с другими вторичными минералами.

Многие самородки ошибочно относят к поверхностным образованиям потому, что не дают себе труда сопоставить все признаки самородков и заведомо рудного золота, и оттого, что самородки в зоне окисления и в россыпях часто находятся в срастании с вторичными минералами, образовавшимися в зоне окисления. Но такая связь указывает на родственные отношения только, если установлено одновременное отложение самородного золота и вторичных минералов. Как на рис. 28: слои золота (светлое) чередуются со слоями гидроксидов железа (темное). Видны их натечные формы, характерные для отложения минералов в поверхностных условиях. Если же в руде самородки имели включения сульфидов железа и мышьяка, последние превратятся во вторичные минералы – гетит – гидрогетит и скородит. Самородок окажется тесно связанным со вторичными минералами, но сам он будет представлен остаточным рудным золотом.

Отчего все-таки самые крупные самородки так любят верхние части рудных тел?

В частности, потому, что рудное тело кончается, подходя к геохимическому барьеру, к зоне, где физико-химические условия изменяются и происходит разрушение соединений золота в рудоносных растворах. Вся масса золота, не успевшая отложиться на протяжении рудного тела, от его корневых до фронтальных частей, выпадает из растворов. Этому способствует более сильная трещиноватость и разветвление трещин на верхних горизонтах, полное и многократное проявление золотой минерализации в участках смешения глубинных растворов и проникающих с поверхности вод.

Золотинки рассказали и о некоторых других механизмах образования самородков. Это уже как бы "не настоящие" самородки, а искусственно скрепленные друг с другом выделения золота, так называемые конгломераты частиц.

Конгломераты-самородки состоят из частиц остаточного или россыпного золота (золотых галек или песчинок, смотря по размерам), скрепленных вторичным или "новым" золотом или же другими минералами.

Встречаются частицы остаточного золота, сцементированные фестончатыми натеками темно-коричневых гидроксидов железа и ярко-желтого вторичного золота.

Таким образом, не отрицая возможности образования в определенных условиях самородков за счет отложения вторичного золота, можно утверждать, что в большей части золотоносных районов подавляющая часть крупного золота образовалась в первичных рудах. Не исключено, что в формировании крупных выделений большую роль играли описанные выше процессы внутрирудной и послерудной перекристаллизации и регенерации золотин. Но это уже другой рассказ из неиссякаемого запаса историй, которые готовы поведать золотинки.

ПОМОЩНИКИ ДЕТЕКТИВОВ

В старом фильме "Парень из тайги" есть небольшой, но характерный эпизод. Молодой шахтер показывает девушке-геологу желтую крупинку, лежащую на ладони, и спрашивает, что это такое? "Золотинка". "Верно! А откуда?". И геолог, размышляя вслух, называет россыпь, в которой золото такого же размера и цвета.

Этот диалог как в капле воды отражает две стороны проблемы, известной в криминалистике под названием многоступенчатого идентификационного исследования: возможность определения по особенностям частиц самородного золота – золотинок – места его добычи и ограниченное число признаков, положенных в основу такого анализа.

Любой рабочий, занимающийся добычей золота и видевший драгоценные крупицы, сразу отличит золото знакомых ему россыпей или разных участков одной россыпи. Это легко сделают и работники золотоприемных касс, представители администрации, присутствующие при съемке золота с промывочных приборов, и, конечно, геологи, которые вели разведку и помогают при эксплуатации месторождений.

Однако познания геологов о характерных особенностях самородного золота редко выходят за пределы золотоносного района, а представления неспециалистов ограничиваются территорией деятельности одного прииска или несколькими месторождениями.

Для такой сравнительно небольшой площади действительно можно узнать, откуда получено самородное золото, используя всего несколько характерных признаков – размеры золотин, их форму, цвет пленки на поверхности. Если же вдруг возникнет необходимость определить место добычи золота, тайно совершившего путешествие, отдельные черты золотинок окажутся бессильными.

Только анализ комплекса всех признаков золота позволит провести определение неповторимости данной системы и однозначно ответить на вопрос. К числу таких важнейших признаков относятся состав золота и особенно его проба, показывающая соотношение в самородном золоте золота и серебра, форма и размеры выделений, характер поверхности, признаки преобразований. Обязательно исследуются и минералы, сросшиеся с золотинками, а также минералы с высокой плотностью, сопровождающие золото в россыпях, образуя вместе с ним так называемую тяжелую фракцию золотоносных песков (шлих).

Но нужно ли всем этим заниматься? При расследовании случаев хищений золота, его утаивания, незаконных валютных операций незаменимым элементам в раскрытии истины служит представление о том, откуда и когда добыт самородный металл.

Раскрытие путей и методов хищений, определение тяжести вины, неотвратимость заслуженного наказания, восстановление доброго имени человека – зависят от знаний эксперта и умения его извлечь всю информацию, заключенную в самородном золоте.

На ряде примеров из экспертной практики можно убедиться, насколько надежными помощниками детектива могут быть золотинки.

НЕУДАЧНАЯ МЕСТЬ

На старом прииске золотой Лены бок о бок жили два шахтера. Белая мазанка одного и лиственичная изба другого стояли среди картофельных рядков, отступая от пыльной дороги, и сообщались с ней узкими тропинками, выбегавшими к калиткам. По этим тропинкам хозяева домов и их дети часто наведывались к соседям.

Разные по характеру и привычкам главы семей не были друзьями, но, казалось, ничто не предвещало и отчуждение. Однако хозяин лиственичной избы без видимой причины стал чураться соседа. Он нехотя кивал при встрече, избегал разговоров, а на работе ронял неясные намеки на то, что не все его знакомые живут по средствам.

Наконец, не выдержал, по его словам, укоров совести, и заявил, что случайно выйдя ночью покурить, видел как сосед вынул сверток из картофельной ботвы и спрятал под деревянной приступкой у порога. Что другое, кроме похищенного золота, надо бы перепрятывать ночью?

При обыске в присутствии понятых из-под приступки вынули запачканный землей и трухой увесистый маленький узелок из застиранного розового ситца в мелкий красный горошек. В узелке находилась пригоршня самородного золота.

Хозяин мазанки казался искренне пораженным и начисто отрицал свою вину. Он работал на добыче золотоносных песков в нижнем течении одной речушки и ни к каким другим разработкам доступа не имел. Отпуск проводил на юге, охотой не баловался, коровы не держал и в тайгу на покосы не ходил, а значит, не мог где-то в потаенных местах намыть золото.

Поэтому содержимое узелка передали на экспертизу минералогу.

Не составило труда установить, что золото из узелка и золото из россыпи, на которой работал подозреваемый, разительно непохоже.

Мелкое, неокатанное, направильной формы, с участками поверхности, сохранившими яркий металлический блеск, лежало в розовой тряпочке золото, смешанное с мельчайшими черными зернами магнетита. Золотинки находились в срастании с молочно-белым кварцем, слагающим золоторудные жилы. В шлихе был обнаружен минерал галенит (свинцовый блеск), часто сопровождающий в этом районе золото в жилах.

Все эти признаки несомненно указывали на близость россыпи, из которой взято золото, к источникам ее питания – разрушающимся кварцевым жилам.

Проба отдельных золотинок изменялась от 790 до 840.

Такое золото нигде в районе и тем более на прииске не добывалось, но по данным эксперта, было получено при разведке одного ключа в верховье большой золотоносной реки.

Предполагаемый владелец узелка работал на добыче другого золота. С его участием из россыпи извлекались крупные золотины, множество мелких, а нередко и крупных, весивших более килограмма, самородков. Золото было хорошо окатано, сглажено водным потоком, пере-

мешавшим золотины по долине, и они приобрели форму плоских или треугольных галек. Поверхность золотин выглядела чуть шероховатой, матовой, лишенной блеска за счет развития высокопробной коррозионной оболочки. В срастании с золотом иногда находился кварц, окрашенный в бурый цвет гидроксидами железа. Железистые пленки и корочки обволакивали отдельные золотины плотными "рубашками". В шлихе, отмытом из золотоносных песков, вместе с золотом оставались темно-коричневые кубики, образовавшиеся при окислении пирита (серного колчедана) – обычного минерала как золоторудных жил, так и вмещающих из пустых горных пород.

Проба золота варьировала от 870 до 940.

Получив заключение эксперта, следователь сразу же обратил внимание на то, что бдительный сосед работает на разведке того самого ключа, откуда добыто похищенное золото. И свидетель превратился в подозреваемого. Не потребовалось и пяти минут, чтобы найти в его доме остатки детского ситцевого платья, из которого был вырван лоскут для злополучного узелка...

Зачем же понадобилось ложно оговорить соседа, да еще похитив золото и рискуя свободой?

Причиной оказалось желание отомстить. В белой мазанке отпраздновали свадьбу сына и не пригласили на нее соседа. Слушая отзвуки чужого веселья, сосед мучился от зависти и мнимого унижения. Досада переросла в ненависть, а ненависть подтолкнула на месть.

А золотинки в очередной раз помогли восстановить истину.

ПРЕСТУПНАЯ ЦЕПОЧКА

Предстоял допрос зубного врача, заключенного в следственный изолятор Бутырской тюрьмы. На очную ставку следователь пригласил эксперта, проводившего исследование вещественного доказательства, – самородного золота.

Зубной врач был арестован на многолюдной вечерней московской улице сразу же после того, как получил от немолодого солидного мужчины завернутую в газету бумажную капсулу с золотом и передал в обмен сверток с деньгами. Мужчина заявил, что капсулу нашел во дворе, предложил купить золото первому встречному человеку и никогда до этого золота в руках не держал. Этой же версии придерживался и покупатель.

Он не знал, что оперативные работники совсем не случайно стали очевидцами сделки. Зубной врач не замечал, как за ним давно и пристально наблюдали. Когда квартира скромного выпускника медицинского института за короткое время стала напоминать склад антикварного магазина, набитый редкими, дорогими, но случайными вещами, это не осталось незамеченным. Сантехник, обслуживавший большой кооперативный дом в центре столицы, первый вслух выразил удивление, что у начинающего стоматолога в квартире намного больше дорогих вещей, чем у соседей – известных ученых и артистов. Неладное почувствовали

и в поликлинике, где врач всеми правдами и неправдами добился работы на полставки, но подолгу задерживался у свободного зубоврачебного кресла. Впрочем, так продолжалось только несколько месяцев. Предприимчивый молодой человек открыл домашний кабинет для избранных клиентов. В их кругу распространились слухи о том, что у нового специалиста можно вставить золотые зубы, не заботясь о покупке дисков.

И вот закономерный результат незаконного предпринимательства. Но как доказать, что зубной врач не довольствовался случайными покупками, а основал свое дело в расчете на постоянное поступление золота?

При обыске в его квартире обнаружили тайник с золотом в выдолбленной ножке простого кухонного табурета, нелепо торчавшего среди гарнитурного великолепия. Когда табурет легонько толкнули, он не сдвинулся с места, но повернулся градусов на тридцать вокруг одной из ножек, как вокруг себя. Оторвав деревянное сидение, в ножке увидели глубокое отверстие, на дне которого в картонной трубочке лежало самородное россыпное золото. Владелец квартиры утверждал, что оно также случайно куплено у неизвестного лица. Приметы, естественно, были забыты.

Ночью обыск произвели у родителей врача в Черкизове, в те времена – деревянной окраине Москвы с многочисленными частными домиками. В одном из них дверь на звонок отворили сразу, как будто ждали, да, впрочем, так оно и было: весть об аресте сына и обыске в его квартире дошла быстро.

На пороге стояла полная пожилая женщина, кутающаяся в широкий халат. Она не могла унять невольной дрожи и все время пока длился обыск сидела посреди комнаты и тихо, как будто для себя, бормотала: "Я ничего не знаю. Я ничего незаконного не делала. Мальчика подбили товарищи. Он никогда нас не огорчал". Ей поверили, но все-таки попросили понятую произвести личный досмотр. Оказалось, что, кутаясь в халат, "потрясенная мать" прижимала рукой к телу мешочек с золотом.

Как и следовало ожидать, появление и этого золота подследственный объяснил очередной случайной покупкой у незнакомца.

Все три порции золота были переданы эксперту-минералогу.

Прежде всего следовало установить, где добыто золото из каждой упаковки.

Оказалось, что все самородное золото получено из россыпи одного и того же золотоносного района и даже одного и того же прииска. Однако совершенно очевидным стало и то, что разные порции самородного металла извлечены из различных участков. Золото, изъятое из тайника и спрятанное матерью, отличалось более широкими вариациями пробы отдельных золотин, характером преобразований поверхности, особенностями внутреннего строения выделений от золота, находившегося в бумажной капсуле. В то же время, первые две порции золота имели признаки, позволявшие утверждать, что одна часть золота добыта в

шахте, расположенной выше по течению основной золотоносной реки, а вторая – взята с промывочного прибора гидравлики, расположенной ниже по долине.

Интересно, что россыпь, из которой золото попало в бумажную капсулу, только недавно стала отрабатываться. Следовательно, она позднее могла быть вовлечена в орбиту действия похитителей.

Очная ставка не дала результатов. Не глядя в глаза эксперту, подследственный продолжал утверждать свое.

Однако результаты кропотливых исследований со всей очевидностью обнаружили, что хищение золота на прииске не могло производиться одним лицом. Вероятно, орудовала группа, члены которой работали на разных участках, или имелся скупщик золота, украденного вовлеченными в преступление людьми. И действительно, дальнейшее расследование, проведенное с учетом данных экспертного заключения, выявило преступную цепочку и ликвидировало ее. На прииске были приняты меры, сделавшие невозможными хищения золота с шахт и гидравлик.

КУВШИН ЗОЛОТА

В маленьком украинском городке жила немолодая опустившаяся женщина. Муж ее отбыл длительное заключение и был на поселении где-то на Севере. Без него подняла на ноги дочерей, выдала их замуж, и, оставшись одна в доме, потихоньку пристрастилась к спиртному.

Дважды за последние шесть лет муж приезжал в отпуск и, наконец, вернулся совсем. Подправил осевший дом, обиходил сад. Жена пила реже, украдкой; текла устоявшаяся жизнь нестарых хозяйственных пенсионеров.

Внезапная смерть мужа перечеркнула налаженный быт. Вдова снова начала ежедневно выпивать, денег не хватало, и она предложила соседям купить у нее золотые самородки.

И раньше не чуждые спекуляции, эти люди разработали детальный план быстрого обогащения. Купив за бесценок самородки, они решили разъезжать по дальним рынкам в других районах и продавать золото вдесятеро дороже женщинам, не внушающим опасения. "Товар" предлагали простоватым с виду особам, дорого, но безвкусно одетым, с явными излишками золотых украшений.

Первый же выезд оказался и последним – чету взяли с поличным.

В сарайчике у вдовы откопали кувшин, наполненный золотыми самородками. Несколько небольших самородков нашли у старшей дочери, а младшая столько же добровольно принесла в милицию – это были материнские подарки из отцовского наследства.

Происхождение наследства было понятно – золото привез, возвратившись из дальней ссылки, покойный муж и отец.

Но перед следствием стоял отнюдь немаловажный вопрос – было ли золото похищено десятилетия тому назад, когда его владелец за такое преступление предстал перед судом, или совершилось новое преступле-

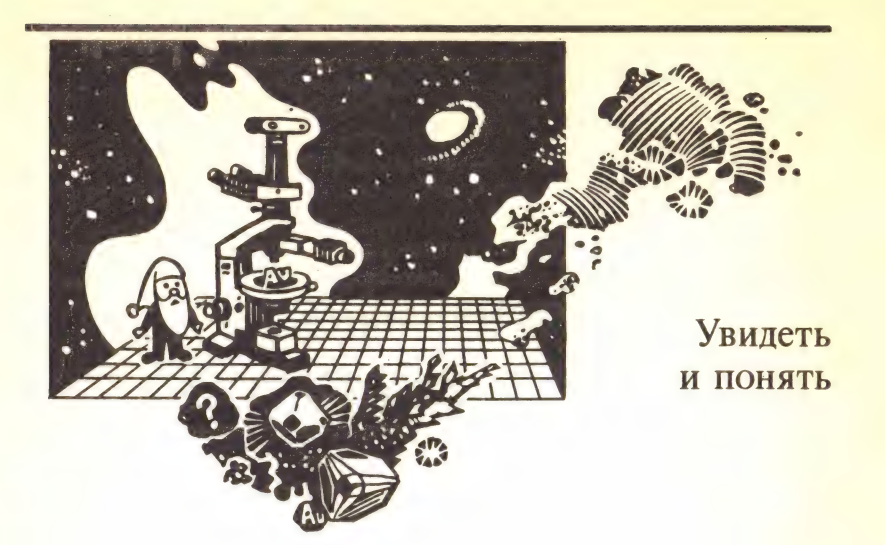
ние? Значительное количество самородков, массой десятки граммов каждый, не мог добыть человек, безвыездно находившийся в горняцком поселке около месторождения олова вдали от золотых россыпей. Но работая шофером пожарной машины, он часто выезжал из гаража в механические мастерские, на заправочную станцию, на озеро мыть машину и мог там встречаться с самыми разными людьми. Если окажется, что золото похищено в последние годы, надо срочно выявить преступную цепочку и перекрыть пути хищения. Если же золото хранилось несколько десятилетий, значит находка кувшина с золотом поставила точку в истории, случившейся в далекие годы.

Эксперту прежде всего надо было установить, откуда добыты самородки и все ли они взяты из россыпей одного района. При подобных исследованиях нельзя исходить из одной или двух версий, какими бы невероятными они не представлялись. Необходимо сравнить особенности исследуемого золота и самородного золота изо всех золотоносных районов страны. Наличие или, напротив, отсутствие тех или иных характерных признаков у золотинок позволяет постепенно исключать из рассмотрения одну территорию за другой. Наконец, остаются только площади распространения золота, аналогичного тому, которое исследуется.

На этот раз все особенности самородков подтвердили, что они ведут происхождение из того золотоносного района, где разыгралась старая драма. Но ко времени возвращения к ней самородков стало добываться немного, хотя новая техника помогает брать все больше драгоценного металла. Редкие самородки, попадающиеся в общей массе золота, несут следы интенсивной обработки в водном потоке, не характерные для самородков из кувшина. Это и не удивительно – разработки продвинулись от верховьев рек и их устьям. Вода смогла дотащить туда только отдельные крупные золотинки, самородки, испытавшие по пути длительное воздействие взвешенных в потоке частиц пород и минералов.

В уголовном деле хранилось и заключение минералогической экспертизы. Из нее узнали, какие признаки имело похищенное золото и какие признаки были типичными для золотинок различной крупности в отрабатывающихся в то время россыпях.

Сомнений не оставалось: золотые самородки из кувшина были частью похищенного много лет тому назад золота. Расследование установило, что уезжая навсегда с оловянного рудника, шофер-"копилка" попутным рейсом заглянул в район, откуда в свое время удалился с меньшим комфортом. Он знал, что не все его прежние сообщники ушли из жизни и не открывал до времени заветного кувшина.



Увидеть и понять

Учение о типоморфизме самородного золота и о возможностях использования его особенностей в качестве показателей условий формирования руд и россыпей зародилось и получило развитие в нашей стране.

Из поколения в поколение передается рассказ о том, как К. Линней на вопрос, почему он столько времени посвятил изучению дождевого червя, ответил: "Червяк такой длинный, а жизнь такая короткая...".

Золотинки бывают намного больше и неизмеримо меньше червя, но устроены они еще сложнее. И если увидеть и узнать их особенности можно путем скрупулезных наблюдений, то понять можно только во взаимодействии всех процессов и явлений, делающих золотинку именно такой, какой мы ее наблюдаем.

Прочтите любые работы последних лет, посвященные самородному золоту, и в каждой из них вы встретите понятия "неоднородность" и "изменчивость". Эти особенности делают язык золотинок непростым, но они же и слагают элементы их речи.

О чем рассказывают золотинки?

О глубине, на которой формировались месторождения, о сложном процессе рудообразования, о том, как в ходе его и после завершения незатихающие геологические силы меняли руды и рассеивали или собирали в одно место золото, формируя рудные столбы и богатые участки.

О том, как, попав на земную поверхность, самородное золото преобразовывалось, повышало пробу, растворялось и заново рождалось или скапливалось в золотоносных пластах.

О том, как ученые разгадывали тайны происхождения самородков и целых месторождений, а практики получали путеводные нити для поисков золотых руд в лабиринтах геологических структур.

А ведь мы видели только основные, наиболее простые и легко распознаваемые особенности золотинок. Мы почти не касались изучения их сложными современными приборами – ведь они пока есть не во всех геологических организациях.

Уже сейчас получено много сведений о тонких особенностях золотинок. Их выявили с помощью электронного микроскопа, при расшифровке состава примесей, изучении кристаллической структуры, детальной расшифровке кристаллических форм и изучении их распространения с использованием методов топологии, изучении состава тончайших, измеряемых стомиллионными долями сантиметров, слоев поверхности золотин. Большая часть этих данных еще требует расшифровки.

Не только увидеть, но и понять глубинный смысл каждого признака, проявлений неоднородности, причин изменчивости и, в конечном счете, заставить их служить человеку – цель изучения золотинок.

Те из минералогов, кто никогда не встречается с золотом, пусть пристальнее всмотрятся в крупицы других минералов. Природа неисчерпаема в каждом своем проявлении.

Тем, кто далек от геологии, хотелось бы передать чувство интереса и удивления, вызванное золотинками – такими разнообразными и изменчивыми, что кажется только по недоразумению их относят к неживой природе.

Цена золотых сплавов меняется в зависимости от сложных международных ситуаций, но в каждый определенный миг она известна. Любая золотинка имеет свою ценность; она может раскрыться не сразу, но увиденная и понятая, в конечном счете повлияет на стоимость тех самых золотых сплавов, которые так нужны современной технике, медицине, необходимы для укрепления финансового могущества и могут доставить радость, становясь произведениями искусства и изящными украшениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Билибин Ю.А.* Основы геологии россыпей. М., изд. АН СССР, 1955.

2. *Болотова Н.Я., Николаева Л.А., Филиппов В.П.* Контактовый метаморфизм золото-кварцевых жил. – Советская геология, 1982, № 9, с. 70–74.

3. *Вернадский В.И.* Самородные минералы. М., изд. АН СССР, 1955.

4. *Николаева Л.А.* Анализ изменчивости особенностей самородного золота при изучении стадийности и глубинности оруденения. – В кн.: Изучение минералов при исследовании зональности и генезиса месторождений цветных и благородных металлов. М., 1980, с. 38–45.

5. *Петровская Н.В.* Состояние и перспективы развития минералогии золота. – В кн. : Минералогия самородных элементов. Владивосток, 1980, с. 3–9.

6. *Сахарова М.С., Батракова Ю.А., Ряховская С.К.* Зависимость химического состава минералов ряда золото – серебро от физико-химических условий образования. – В кн.: Научные основы и практическое использование типоморфизма минералов. М., Наука, 1980, с. 92–93.

7. *Субмикроскопическое* золото в сульфидах некоторых месторождений вкрапленных руд / А.М. Гаврилов, А.П. Плешаков, П.С. Бернштейн и др. – Советская геология, 1982, № 8, с. 81–86.

8. *Яблокова С.В.* Типоморфизм и неоднородность гипергенного золота. – В кн. : Неоднородность минералов и рост кристаллов. М., Наука, 1980, с. 104–110.

ОГЛАВЛЕНИЕ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЕ ИЗДАНИЕ

Николаева Лидия Александровна

О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЮТ ЗОЛОТИНКИ

Заведующий редакцией *В.А. Крыжановский*
Редактор издательства *Ю.А. Рожнов*
Художественный редактор *Г.Н. Юрчевская*
Технические редакторы *С.В. Китаева, Л.А. Миронова*
Корректор *В.Т. Юдович*

ИБ № 7061

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 17.02.89. Т – 05659. Формат 60×90 1/16. Бумага книжно-журнальная для офсетной печати. Гранитура Пресс-роман. Печать офсетная. Усл.-печ.л. 7,0. Усл.кр.-отт. 7,25. Уч.-изд.л. 7,50. Тираж 50 000 экз. Зак. № 6 /1242–2. Цена 30 коп.
Набор выполнен на наборно-пишущей машине.

Ордена „Знак Почета" издательство „Недра".
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Московская типография № 6 Государственного комитета СССР по печати
109088, Москва, Ж-88, Южнопортовая ул., 24.



30 коп.

О чем рассказывают золотинки

Книга раскрывает секреты языка золотинок — частиц самородного золота из руд и россыпей. Слова и фразы этого языка — особенности золотинок, позволяющие проникнуть в историю их жизни, узнать, в каких условиях родились золотинки, как изменялись, где и какие месторождения золота следует искать.

НЕДРА